KOSMOGRAFIA

PRZEZ

A. J. STODÓŁKIEWICZA.

Z trzema tablicami fotograficznemi
oraz mapą nieba i 74 rys.

WARSZAWA.
SKŁAD GŁÓWNY W KSIĘGARNI GEBETHNERA I WOLFFA.

1907.

NA SKŁADZIE GŁÓWNYM W KSIĘGARNI

GEBETHNERA i WOLFFA

znajdują się następujące prace tego samego autora:

1) Zbiór przykładów na kwadratury równań różniczkowych.
2) Zasady rachunków wyższych—trzy części.
3) Wykład trygonometryi prostokreślnej.
4) Początkowa teorja logarytmów.
5) O twierdzeniu Taylora.
6) Swiat.
7) Éléments de calculs exponentiels et de calculs inverses.
8) Appendice à la théorie des équations différentielles,

oraz odbitki wielu rozpraw.

KOSMOGRAFIA

PRZEZ

A. J. STODÓŁKIEWICZA.

Z trzema tablicami fotograficznemi oraz mapą nieba i 74 rys.

WARSZAWA.
Druk Noskowskiego,
Warecka 15.

1907.

TREŚĆ.

I. Pojęcia o ziemi i niebie.

II Oznaczanie położenia gwiazd na niebie.

III. Ziemia.

IV. O ruchach ziemi.

V. Słońce, księżyc i ich zaćmienia.

VI. Planety i komety.

VII. Gwiazdy stałe i mgławice.

VIII. Ustrój ziemi.

PRZEDMOWA.

W dziełku niniejszem autor starał się unikać dogmatyzmu, to jest, postawił sobie za cel możliwie najprostszemi, łatwemi drogami dojść do uzasadnienia głównych praw mechaniki nieba. Czy cel ten został osiągnięty, najlepiej to ocenią ci czytelnicy, którzy podzielają mniemanie autora, że dzisiaj bez dobrej znajomości wszechświata nie można rościć prawa do nazwy średnio wykształconego człowieka. W czasach ostatnich nauka kosmografii tak wysoko stanęła i doszła do tak wielkich, niespodziewanych dawniej wyników, że nie poznać tego wspaniałego rozwoju wiedzy ludzkiej byłoby rzeczą nie do wybaczenia. Tembardziej, że w XVI-em stuleciu nie ustępowaliśmy w naukach innym narodom, a w astronomii postęp był najwidoczniejszy. W biegu długich lat ciemnoty i upadku stanu mieszczańskiego mało kto u nas zajmował się nauką. Dopiero w ostatniem stuleciu wraz z podniesieniem miast, nastąpiło niejakie ożywienie w pracach umysłowych. Miejmy nadzieję, że i w astronomii i w kosmografii powrócimy do tego poziomu znajomości wspomnianych nauk, jaki cechował u nas epoki ubiegłe.

Przyznać jednak trzeba, że w dzisiejszych warunkach techniki naukowej zajmowanie się astronomią nie może być podjęte usiłowaniem pojedyńczych jednostek. Wymagane są dziś znacznie większe środki. Odczuwa się brak

towarzystwa astronomicznego w kraju. Gdyby takie towarzystwo miało licznych u nas zwolenników, znalazłyby się zapewne zapisy wieczyste i mogłyby powstać dwa nowe obserwatorja. Główne obserwatorjum mogłoby być na szczytach Tatr, a mniejsze gdziekolwiek na wzgórzach, których wiele posiadamy w południowych stronach Królestwa. Takie dwa dobrze zaopatrzone obserwatorja, urządzone podług najnowszych wymagań nauki obudziłyby wiele zamiłowania do badań nad wszechświatem, w czem dzisiaj zupełnie ustępujemy Zachodowi. Niezapominajmy więc o tem, że rozwój każdej nauki jest nieskończony, że każde pokolenie wnosi swoje cegiełki do budowy gmachu wiedzy. Wzbudźmy w sobie świadomość tego, że w nauce kosmografii obecny stan wszechświata, jego przyszłość oraz przeszłość zamierzchła stają przed nami w wspaniałych, prawdziwych obrazach. Zaprawdę, żadna inna nauka nie osiąga takiej pełni zadowolenia duchowego.

Pisałem w Płocku, dnia 15 Września 1907 roku.

KOSMOGRAFIA.

I. POJĘCIA O ZIEMI I NIEBIE.

§ 1. **Przedmiot nauki.** Kosmografia jest nauką o wszechświecie. Ziemię jako świat, na którym przebywa człowiek, uważać będziemy za najważniejsze ciało w nieskończonem zbiorowisku innych ciał niebieskich, rozrzuconych w przestrzeni bez granic. Najwięcej uwagi w wykładzie poświęcać będziemy naszej ziemi, jej kształtowi, budowie, ruchom, zmianom, jakim podlega, stosunkom względem innych ciał niebieskich i t. p. Ziemię opisywać będziemy jako cząstkę, harmonijnie związaną z wspaniałą, cudnie piękną budowlą wszechświata.

§ 2. **Kształt ziemi.** Pierwszem wrażeniem, jakie otrzymujemy od świata zewnętrznego, jest to, że ziemia jest płaską równiną bez żadnego ruchu. To wrażenie zostawia tak głębokie ślady w naszym umyśle, że trzeba już dłuższej nauki i wyższego rozwoju umysłu, ażeby pozbyć się tego złudzenia, narzuconego nam przez samą przyrodę.

Początki kosmografii sięgają bardzo odległej starożytności. Na zasadzie pomników pisma klinowego niewątpliwem dziś jest, że sześć tysięcy lat temu wstecz Chałdejczycy wiedzieli, że ziemia jest okrągłą i że środkiem naszego układu jest słońce, około którego krążą inne ciała wraz z ziemią. Wiedza Chaldejska przeszła do Egiptu i znaną była kapłanom, którzy używali wiedzy astronomicznej do mniemanego przepowiadania przyszłości ludzkiej, co później na długie wieki zaćmiło ścisłą naukę i przeszło do Europy pod postacią *astrologii*. W starożytności światło prawdziwej wiedzy o wszechświecie przyniósł do Grecyi *Pythagoras*. Ten wielki umysł istniał na 600 lat przed Nar. Chr. Pythagoras był tylko nawpół grekiem i miał w sobie dużo krwi wschodniej, pochodził bowiem z miasta Tyru na wyspie Samos. Młodość swoją

spędził na naukach w Chaldei, gdzie zgłębił astronomię, oraz w Egipcie, gdzie wydoskonalił się w geometryi i astrologii; dopiero w 57 roku życia osiadł na stałe w Grecyi, nauczał astronomii, geometryi i arytmetyki. Stworzył szkoły i akademie, w których krzewił światło, zdobyte na wschodzie, chciał wytworzyć niepodzielne panowanie nauki nad człowiekiem. Jednakże nowinki, które rozpowszechniał znakomity filozof, coraz bardziej niepodobały się miejscowym uczonym i ofiarnikom, trzymającym się dawnych podań i wierzeń. W Grecyi powstała silna reakcja przeciwko filozofii Pythagorasa, przybysza z obcych krajów. Burza zamieszek zniosła wszystko; dzieła filozofa zniszczono. Sam Pythagoras musiał ratować swe życie, ukrył się i dokonał wielkiego żywota w ciszy zapomnienia. Później od czasu do czasu ukazywali się następcy filozofa, którzy jeszcze wspominali nieco o nauce mistrza, z początku z podziwem, później z zupełnem lekceważeniem jak to robił Anaksagoras. I tak to nareszcie zamarła ta wielka myśl i znikła prawda o budowie wszechświata. Była to tragedja, która, niestety, nie jeden raz powtarzała się w dziejach ludzkości.

Dzieła Pythagorasa nie doszły do nas. Czyni o nich wzmianki Arystoteles (ur. 384 r. przed Chr.) oraz Archimedes (230 r. przed Chr.) w swych pismach. Ani Arystoteles, ani Archimedes już nie wierzyli w to, że w środku świata jest słońce, chociaż o kulistości ziemi obadwa mieli dobre pojęcie. Na 300 lat przed Chr. byli jeszcze w Aleksandryi sławni astronomowie greccy, jak Timocharys i Arystylles, a w 100 lat później wielki astronom Hipparch i Erathostenes. Ten ostatni wsławił się tem, że zmierzył południk ziemski. W końcu, około 130 roku po Chr. nauka kosmografii już była w znacznej mierze skażoną. W tym właśnie czasie wystąpił astronom Ptolomeusz, który swym dziełem *Almagest* (Megale syntaksis) ustalił ostatecznie błędną teorję, przyjmującą, że ziemia jest ciałem środkowem w układzie planetarnym. Po upadku Grecyi zanikło pojęcie o okrągłości ziemi. Nastały mroki wiedzy. Utrwaliło się pojęcie, że ziemia jest płaską, zupełnie nieruchomą, że jest środkiem świata całego, że wszystkie inne ciała niebieskie krążą dokoła niej.

W XV stuleciu przed Chr. zaczęła się nowa epoka odrodzenia wiedzy i sztuki starożytnej w Europie. Zaświtała znowu myśl o kulistości ziemi. Zjawił się nareszcie Mikołaj Kopernik (1473 — 1543), wskrzesił ideję o heliocentrycznym układzie świata, rozwinął tę myśl samodzielnie, objaśnił wszystkie zjawiska głębo-

ko i stał się ojcem nowożytnej astronomii i kosmografii. Przytoczymy teraz ważniejsze dowody kulistości ziemi.

1) Gdy znajdziemy się na otwartem ze wszystkich stron miejscu powierzchni ziemskiej, czy to na lądzie, czy na morzu i rozejrzymy się we wszelkich kierunkach, zauważymy wielki okrąg koła powierzchni, zwany *widnokręgiem*. Można by było przypuszczać, że koło, które widzimy jest granicą naszego wzroku, lecz przekonamy się łatwo, że tak nie jest, jeżeli wejdziemy na wieżę, górę lub maszt wysoki. Zauważymy w górze, że widnokrąg staje się obszerniejszym i sięga dalej, aniżeli gdy stoimy na ziemi. Ponieważ wszędzie, bez żadnych wyjątków, powtarza się to samo zjawisko i widnokrąg przedstawia się zawsze jako wielkie koło, więc nie może być tutaj inna przyczyna jak tylko ta, że ziemia jest kulą.

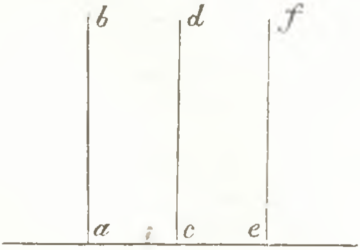
2) Wszystkie ciała niebieskie, które widzimy w przestrzeni świata, jako to: słońce, księżyc i inne, mają kształt zawsze okrągły, więc i ziemia nie może być wyjątkiem od tego powszechnego prawa.

3) Okręty na morzu przy zbliżaniu ukazują się z oddalenia tak, że naprzód widnieją, tylko końce maszt i w miarę zbliżania maszty wznoszą się coraz wyżej, aż nareszcie ukazuje się sam kadłub okrętu. Odwrotnie bywa przy oddalaniu. To wszystko świadczy o wypukłości ziemi. Podobnie potwierdza wypukłość powierzchni ziemskiej ten fakt, że promienie słońca przy wschodzie oświetlają przedewszystkiem szczyty gór, wież, drzew i t. p.

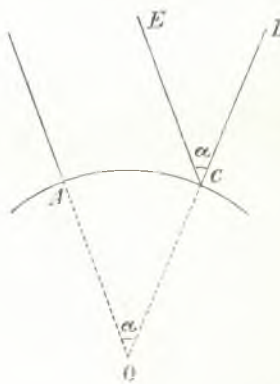
4) Ziemia jest ciałem okrągłem, które daje się obejść i objechać ze wszystkich stron, we wszelkich możliwych kierunkach. Ten fakt stał się powszechnie wiadomym dopiero od czasu pierwszej podróży naokolo świata, którą przedsięwziął śmiały żeglarz portugalski Ferdynand Magellan. Okręt Magellana wypłynął w miesiącu Wrześniu 1519 roku z portu Saint-Lucar w Andaluzyi i, okrążywszy południową Amerykę, wypłynął na ocean Spokojny; w miesiącu Marcu 1521 roku zatrzymał się przy wyspach Marjańskich a potem podpłynął ku wyspom Filipińskim, gdzie Magellan zginął w potyczce z tubylcami. Towarzysze Magellana popłynęli dalej przez ocean Indyjski i we Wrześniu 1522 roku przybyli do brzegów Europy. Cała podróż trwała 3 lata. Dzisiaj taką samą podróż można odbyć w kilka miesięcy. Wszystkie podobne podróże naokoło świata stwierdziły okrągłość ziemi we wszystkich kierunkach.

5) *Dowód Erathostenesa.* Najważniejszym i najbardziej przekonywającym dowodem kulistości ziemi jest sposób aleksandryjskiego astronoma Erathostenesa (około 200 lat przed Chr.). Ten uczony zauważył, że w Siennie (Assuan) w czasie najdłuższego dnia w roku, 22 Czerwca, słońce w południe bywa wprost nad głową tak, że żaden przedmiot nie odrzuca wówczas cieniu, gdy tymczasem w Aleksandryi w tej samej chwili każdy przedmiot odrzuca niewielki cień. Badając to zjawisko wielokrotnie, obliczył, że słońce oddalone bywa w Aleksandryi od najwyższego punktu sklepienia o $^1/_{50}$ część okręgu wielkiego koła, co wynosi $7^0\ 12'$. Jest to kąt wzajemnego odchylenia linij pionowych w Siennie i w Aleksandryi. Faktu tego nie mogło by być, gdyby ziemia była płaską równiną. Co więcej, Erathostenes po raz pierwszy zmierzył kulę ziemską; wiedział on, że odległość pomiędzy Sienną i Aleksandryą równa się 5000 stadyj i, podzieliwszy tę liczbę przez $7\,^{12}/_{60}$, otrzymał wielkość jednego stopnia południka jako liczbę 700 stadyj. Późniejsze badania wielu uczonych stwierdziły prawdziwość rachunków Erathostenesa. Dzisiaj mamy możność w każdym miejscu kuli ziemskiej powtórzyć z większą dokładnością sposób greckiego astronoma. Zatrzymamy więc jeszcze uwagę nad genialną myślą Erathostenesa.

Gdyby ziemia była płaską równiną kierunek linij pionowych musiał by być wszędzie jednakowy. We wszystkich miejscach



rys. I.



rys. II.

a, c, e (rys. I) linje pionowe *ab, cd, ef* byłyby zawsze równoległe między sobą. Inaczej będzie na powierzchni wypukłej. W dwu punktach *A* i *C* linje pionowe będą miały kierunek przedłużonych promieni *AB* oraz *CD* (rys. II). Jeżeli z punktu *C* poprowa-

dzimy $EC \parallel AB$, otrzymamy kąt $\alpha = \angle ECD = \angle AOC$. Jest to kąt odchylenia linij pionowych w dwu punktach powierzchni ziemi, ten sam kąt, jak widzimy, tworzą promienie *AO* i *OC*, czyli ilość stopni kąta *ECD* będzie jednocześnie ilością stopni w łuku *AC*.

Tym sposobem, mierząc kąty odchylenia linij pionowych na jednym południku, stwierdzimy, czy ziemia ma wszędzie okrągłość jednakową, czy jest kulą dokładną, czy też nie; oprócz tego znajdziemy prawdziwe rozmiary ziemi. Po dokonaniu takich pomiarów w kilku miejscowościach nad Renem, z wieży Strasburskiej i w innych punktach powierzchni ziemskiej znaleziono, że na każde $13^7/_8$ kilometrów odległości przypada $7',5$ odchylenia linii pionowej. Jeżeli więc ziemia jest dokładną kulą, to spostrzegacz, posuwając się od danego miejsca czy to wprost na północ, czy też na południe, wszędzie powinienby znaleźć odchylenie bez żadnej zmiany $7',5$ na każde $13^7/_8$ km. Ścisłe pomiary jednak nie potwierdziły takiego przypuszczenia. Przeciwnie, idąc na północ, w miejscowościach położonych bliżej bieguna zauważymy, na każde $13^7/_8$ km. odległości, odchylenia linii pionowej trochę mniejsze, aniżeli $7',5$; natomiast, posuwając się na południe ku równikowi, spostrzeżemy, że na każde $13^7/_8$ km. przypada odchylenie nieco większe, aniżeli liczba, wyżej wymieniona. To wszystko dowodzi nam, że ziemia nie jest dokładną kulą, lecz że jest przy biegunach nieco spłaszczoną, a bardziej wypukłą pod równikiem. Widzieliśmy powyżej, że kąt odchylenia linii pionowej mierzy jednocześnie wielkość łuku pomiędzy punktami *A* i *C* (rys. II), wypada z tego, że wielkość jednego stopnia łuku będzie $13^7/_8 \times 8 =$ 111 km., a więc całe koło będzie 111×360 km.

Stąd wypada, że promień ziemi będzie

$$R = \frac{111.360}{2\pi} = 6360 \text{ kilometr.}$$

Widzimy więc, jak dokładnym jest sposób Eratosthenesa.

Możemy tutaj dodać jeszcze słów kilka o praktycznem wykonaniu tych pomiarów. Ażeby tymczasem dać tylko ogólne pojęcie o sposobie uskutecznienia podobnych pomiarów, wskażemy taką drogę. W dwu punktach, leżących ściśle na jednym i tym samym południku, umieszcza się dwóch spostrzegaczów, zaopatrzonych w kątomiary. Obadwa za danym sygnałem robią w tej samej chwili spostrzeżenia nad jedną i tą samą gwiazdą stałą np. gwiazdą polarną, mianowicie, o jaki kąt trzeba odchylić

kątomiar od linii pionowej, ażeby ujrzeć daną gwiazdę. Liczbę stopni i minut łuku każdy spostrzegacz zapisuje. Dla uniknięcia błędu sygnał daje się kilkakrotnie oraz pokilkakroć wykonywa się pomiar odchylenia. Różnica liczb, jakie otrzymali obadwa spostrzegacze, wskaże nam szukane odchylenie linii pionowej jednego miejsca względem drugiego.

§ 3. **Niebo.** W bardzo odległych od nas czasach ludzie wyobrażali sobie niebo jako twarde, kryształowo przezroczyste sklepienie, do którego przytwierdzone są gwiazdy, słońce i księżyc. Później przyjmowano, że za sferą kryształową idzie druga sfera srebrzysta, dalej następowała trzecia sfera złocista i t. p. Pojęcia i wierzenia te w XIV wieku po Chr. włoski poeta Dante uwiecznił w pięknym, sławnym poemacie. Długi czas potem błąkały się jeszcze podobne wierzenia w umysłach ludzkich, aż w końcu nauka ścisła rozwiała te poetyczne złudzenia i odsłoniła człowiekowi niezmierzoną, bezgraniczną dal wszechświata.

Zatrzymując w języku naszym pojęcie *sklepienia niebieskiego*, pamiętać będziemy zawsze, że jest to tylko przenośnia, oparta na pewnem złudzeniu wzroku. Rozejrzawszy się w noc pogodną po niebie, zauważymy rozsiane mnóstwo punktów świecących, zwanych *gwiazdami*, a wzdłuż całego nieba jeden szeroki pas świetlany, który nazywamy *drogą mleczną*.

Słońce nasze, które milion razy przewyższa ziemię, jest tylko jednym atomem w przestrzeni świata. Istotnie, słońce, widziane z innej gwiazdy było by tylko słabo świecącym punkcikiem bez żadnych wymiarów, zupełnie tak jak nam się przedstawia każda inna gwiazda, widziana z ziemi. Jakież miejsce w tym bezgranicznym przestworzu wyznaczymy ziemi naszej? Słów już tutaj nie mamy na to, ażeby wyrazić znikomość wymiarów ziemi. Gdy w noc bezksiężycową spojrzymy na niebo okiem nieuzbrojonem i zadamy sobie pracę przeliczenia gwiazd, widzialnych na naszym niebie, to naliczymy ich nie więcej jak 3000. Lecz, gdy oko zaopatrzymy w mocną lunetę astronomiczną, umysł nasz dozna potężnego wrażenia, które pozostanie w duszy na życie całe. Odsłonią się przed nami tajemnice przyrody. Liczbę gwiazd przy pomocy lunety liczyć będziemy na setki tysięcy, cała droga mleczna, która przedstawia się nam zwykle jako smuga światła, w lunecie ukaże się jako niezmierzone zbiorowisko gwiazd. Nadto przy pomocy silnych lunet zauważymy, że oprócz gwiazd gdzie-nie-gdzie rozsiane są jeszcze obłoki materyi kosmicznej, pyłki dające począ-

tek światom; tak że liczymy już dziś do 10000 nowych światów w stanie zarodkowym. Na tych zaczątkach gwiazd możemy śledzić umysłem przebieg procesów twórczych. Ujrzymy mgławice okrągłe, jajowate, spiralne, wirowe, pierścieniowate, podwójne i t. p. Widowisko nieporównane, niemające nigdzie nic podobnego sobie. Umysł, olśniony wspaniałością przyrody, dozna tutaj głębokiego zadowolenia, iż może rozpłynąć się w wielkiej całości wszechświata i zapomnieć o małostkach życia ludzkiego. Nieskończylibyśmy opisu piękności nieba, gdybyśmy pominęli ten fakt, że słońce nasze otoczone jest świtą ośmiu wielkich planet i około 500 drobnych. Ciała te, oświetlane przez słońce, przesuwają się po niebie w kierunku drogi pozornego ruchu słońca. Oprócz tych zwykłych ciał niebieskich, ukazują się jeszcze niekiedy *komety*, ozdobione pięknymi świetlanymi warkoczami. Pod względem blasku rozróżniamy około 20 gwiazd pierwszej wielkości, oznaczonych literą α; światło tych gwiazd jest najmocniejsze. Dalej idą 60 gwiazd drugiej wielkości, świecące trochę słabiej i oznaczane literami α lub β; 200 gwiazd trzeciej wielkości, których światło jeszcze więcej słabe, oznaczają się literą β lub γ; około 650 gwiazd czwartej wielkości δ, i t. d. Okiem nieuzbrojonem możemy widzieć tylko gwiazdy do 6-ej wielkości włącznie. Dalej już rozróżniają się podług blasku tylko wielkości gwiazd teleskopowych od 7-ej do 10-ej wielkości włącznie. Tak że liczba wszystkich gwiazd, które przy pomocy teleskopów widzimy na półkuli północnej oraz południowej, dochodzi do 20 milionów. Nie możemy twierdzić na pewno, że zliczyliśmy tym sposobem wszystkie gwiazdy stałe, wiemy tylko liczbę tych, do których dzisiaj dosięgają nasze teleskopy. Dla łatwiejszego oryentowania się dzielimy gwiazdy na grupy czyli *gwiazdozbiory* (konstelacje). Najbardziej znane nam wszystkim są czworokątne gwiazdozbiory tak zwane *Wozy*, mieszczące po siedm gwiazd *Wielkiej niedźwiedzicy* i siedm *Małej Niedźwiedzicy* (rys. III), w tej ostatniej znajduje się gwiazda α drugiej wielkości zwana *biegunową (polarną)*, z tej przyczyny, że w pobliżu niej znajduje się punkt nieruchomy, północny biegun świata.

Oprócz tych słynne są jeszcze następujące gwiazdozbiory: (patrz mapę nieba za końcu książki): 1) *Lutnia*, której najświetniejsza gwiazda α zwie się *Wega*. 2) *Orjon* z świetną gwiazdą α, zwaną *Betelgejze*. 3) *Wielki pies* z najświetniejszą gwiazdą, widzialną u nas, zwaną *Syrjusz*. 4) *Mały pies*, którego gwiazda α nazywa się *Procjon*. 5) Gwiazdę α z gwiazdozbioru *Byka* nazywamy *Aldebaran*. 6) Gwiazdę α z gwiazdozbioru *Lwa* nazywamy *Regulusem*.

7) Gwiazda *α* z gwiazdozbioru *Wolarza* zwie się *Arkturem* i t. p. Najpiękniejszą, świetną gwiazdą nieba południowego jest *Kanopus*, o której dziś wiemy, że rozmiarami swemi milion razy przewyższa nasze słońce. Wszystkie gwiazdozbiory, których jest 109, dzielą się na trzy główne grupy: 1) Gwiazdozbiory półkuli północnej. 2) Gwiazdozbiory półkuli południowej. 3) Gwiazdozbiory zwierzyńcowe czyli *zodjakalne*, znajdujące się wzdłuż pozornej drogi słońca w ciągu całego roku.



rys. III.

§ 4. **Pozorny ruch dzienny sklepienia niebieskiego.** Widzialną część powierzchni ziemi nazywamy *poziomem* lub *horyzontem*; ponad nami widnieje całe sklepienie nieba, usiane mnóstwem gwiazd, migocących w nocy swem światłem. Znacznie większa część tych gwiazd ukazuje się wieczorem w tej części nieba, którą nazywamy *Wschodem*, potem powoli wznosi się ponad poziom, coraz wyżej i wyżej, nareszcie skłania się ku tej części nieba, którą nazywamy *Zachodem* i po pewnym czasie na samym zachodzie zapada poniżej poziomu tego miejsca, na którem stoimy. To samo zjawisko w takim samym porządku powtarza się w każdą noc. W pobliżu gwiazdy biegunowej, w oddaleniu $1^1/_2{}^0$, znajduje się na sklepieniu punkt nieruchomy. Jestto *biegun północny*.

Te gwiazdy, które znajdują się blisko bieguna, nigdy nie zachodzą, lecz opisują kręgi zupełne, tym większe, im dalej położo-

ne od bieguna, takiemi są, naprzykład wszystkie gwiazdy *Wielkiej* i *Małej Niedźwiedzicy*, zawsze u nas widzialne. Z opisu, powyżej przytoczonego, wypada, że biegun naszego sklepienia skłania się ku tej części nieba, którą nazywamy *Północą;* wprost przeciwną stronę nieba zwiemy *Południem*. Powszechnie przyjęto, dla krótkości, oznaczać części nieba literami: *O* wschód, *W* lub *E* zachód, *N* północ i *S* południe. Tych oznaczeń trzymać się będziemy zawsze. Pomiędzy głównemi stronami znajdują się pośrednie części nieba, jako to: *NW* północno-zachód, *NO* północno-wschód, *SW* południowo-zachód i *SO* południowo-wschód.

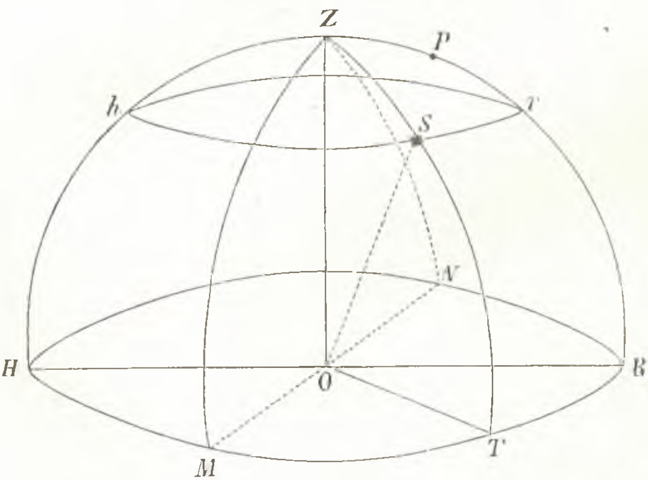
Widzimy z wyżej powiedzianego, że sklepienie nieba odbywa pewien ruch obrotowy dokoła osi, przechodzącej przez biegun i środkowy punkt widzianego przez nas poziomu powierzchni ziemskiej, czyli przez biegun oraz środek ziemi. Jest to *oś świata*. Jeżeli w myśli swej przedłużymy dalej oś po drugą stronę kuli ziemskiej, to ta sama linja przetnie południowe sklepienie nieba w drugim punkcie nieruchomym, który nazywa się *biegunem południowym*, dla nas nigdy niewidzialnym. Całkowity obrót sklepienia niebieskiego odbywa się zawsze w jednym i tym samym czasie, równym 24 godzinom. Najwyższy punkt naszego sklepienia nazywamy *zenitem* i zawsze oznaczać będziemy literą *Z*. Nic trudnego nie będzie w każdej chwili wskazać zenit, gdyż jest to punkt, który otrzymujemy na sklepieniu, przedłużając linję pionową, inaczej zwaną także *linją wierzchołkową*. Godzi się jeszcze zaznaczyć, że ciągnąc linję pionową poprzez środek ziemi na przeciwną stronę półkuli i wiodąc ją dalej do przecięcia się z południowym sklepieniem nieba, znajdziemy drugi punkt przecięcia, zwany *nadirem*. Nazwy wspomniane nadali tym dwu punktom astronomowie arabscy, utrzymały się te nazwy bez zmian do chwili obecnej. Jeżeli przez biegun świata i przez zenit poprowadzimy wielkie koło, to w przecięciu otrzymamy na sklepieniu linję bardzo ważną, która się nazywa *południkiem niebieskim*, a na widzianym poziomie ziemi otrzymamy ślad zwany *linją półdzienną*. Nazwa ta ma za przyczynę ten fakt, że w samo południe wszystkie przedmioty odrzucają cień w kierunku tej linii. Wszystkie gwiazdy, obracają się razem ze sklepieniem nieba, przynajmniej raz jeden wstępują na południk w chwili, gdy dokonają połowy całkowitego obrotu. Chwila wstąpienia gwiazdy na południk ma duże znaczenie dla spostrzegacza i dla takich obserwacyj istnieją umyślne lunety, zwane *południkowemi*. Gdy poprowadzimy przez środek ziemi płaszczyznę prostopadłą do osi świata, to na sklepieniu nieba

otrzymamy w przecięciu drugą ważną linję zwaną *równikiem niebieskim*. Na tej linii znajdziemy piękne gwiazdozbiory *Orla*, *Węża* i *Orjona*. Nakoniec pozorny ślad drogi słońca w ruchu rocznym zaznaczy nam na niebie trzecią linję główną zwaną *ekliptyką*. w strefie tej linii znajduje się 12 gwiazdozbiorów zwierzyńcowych: 1) Baran, 2) Byk, 3) Bliźnięta, 4) Rak, 5) Lew, 6) Panna, 7) Waga, 8) Skorpjon, 9) Strzelec, 10) Koziorożec, 11) Wodnik, 12) Ryby.

II. OZNACZANIE POŁOŻENIA GWIAZD NA NIEBIE.

Położenia gwiazd odnosi się do trzech płaszczyzn głównych: 1) do płaszczyzny poziomu, 2) do płaszczyzny równika, 3) do płaszczyzny ekliptyki.

§ 5. **Azymut i wysokość.** Niech koło *HTR* (rys. IV) wyobraża nam płaszczyznę poziomu danego miejsca, punkt *O* miejsce spo-



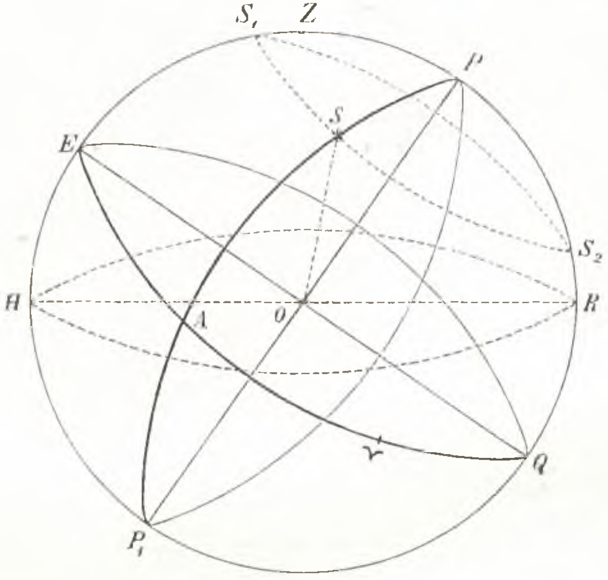
rys. IV.

strzegacza, linja *ZO* oznacza linję pionową. Jeżeli przez zenit *Z* i biegun świata *P* poprowadzimy półkole *HZPR*, otrzymamy *południk* nieba, a na poziomie linję *HR* jako *linję półdzienną*, której *H* punkt południowy a *R* punkt północny. Wybrawszy na sklepieniu gwiazdę *S*, prowadzimy łuk *ZST* przez zenit i przez daną

gwiazdę S do przecięcia się z płaszczyzną poziomu w punkcie T: łuk ten jest częścią *koła wysokości*. Ilość stopni, minut i sekund w łuku ST nazywa się *wysokością gwiazdy S*. Wszystkie gwiazdy, leżące na kole Srh, równoległem do poziomu, mają jednakową wysokość; z tej przyczyny dla odróżnienia danej gwiazdy od wszystkich innych, musimy wskazać jeszcze wielkość drugiego łuku HMT, licząc od punktu południowego H. Ilość stopni, minut i sekund w łuku HMT nazywa się *azymutem* gwiazdy S. Łuk ZS jest dopełnieniem wysokości do 90^0 i nazywa się *odległością zenitalną*. Azymut i wysokość określają na sklepieniu jedną tylko gwiazdę S. Widocznem jest, że wysokość liczy się tylko od 0^0 do 90^0, a azymut od 0^0 do 360^0. Ponieważ sklepienie nieba w ciągu 24 godzin odbywa obrót pozorny około osi świata, skutkiem tego azymut i wysokość każdej gwiazdy w każdej chwili są inne. Dodamy w końcu, że koło, którego płaszczyzna jest prostopadłą do płaszczyzny południka, nazywa się *pierwszem kołem wierzchołkowem* i w przecięciu z poziomem zaznacza punkt wschodu M oraz zachodu N.

§ 6. **Wznoszenie proste i zboczenie.** Odniesiemy teraz położenia gwiazdy S do płaszczyzny równika EQ (rys. V). Niech PP_1 wyobraża oś świata; koło prostopadłe do osi jest to równik EAQ. HR poziom, O miejsce spostrzegacza. Koło $RPZH$ jest południkiem nieba. Oznaczywszy na sklepieniu gwiazdę S, prowadzimy przez biegun P oraz gwiazdę S wielkie koło, które się nazywa *kołem zboczeń*, a ilość stopni, minut i sekund w $\angle SOA$ czyli w $\smile SA$ nazywa się *zboczeniem* gwiazdy S; jest to, jak widzimy, odległość kątowa gwiazdy od płaszczyzny równika EQ. Wszystkie gwiazdy, które znajdują się na tym samym równoleżniku SS_1S_2 mają zboczenie jednakowe, ażeby więc ściśle odróżniać jedną gwiazdę od drugiej, wybiera się jeszcze druga wielkość mianowicie odległość kątowa punktu A od dobrze znanego punktu wiosennego γ na równiku EQ. Punkt γ nazywa się *wiosennym* dla tego, że słońce bywa w tym punkcie w chwili rozpoczęcia wiosny, które zdarza się corocznie o pewnej oznaczonej godzinie w dniu 21 Marca. Takim sposobem ilość stopni, minut i sekund w łuku $A\gamma$ określa odległość kątową koła zboczeń od punktu wiosennego i nazywa się *wznoszeniem prostem* gwiazdy S. Gwiazda S obraca się razem ze sklepieniem około osi PP_1, lecz ponieważ wszystkie położenia gwiazdy znajdą się na tym samym równoleżniku, skutkiem tego zboczenie AS w czasie ruchu pozornego nie ulegnie zmianom. Tak samo nie zmienia się w ciągu doby i wznoszenie

proste, gdyż tak punkt *A* jak i ♈ posuwają się w jedną stronę zupełnie jednostajnie. Chwile przejścia gwiazdy *S* przez południk *RPZE* nazywają się *górowaniem*, gdy gwiazda przechodzi przez punkt wyższy S_1 i *dołowaniem*, gdy przechodzi przez punkt niżej położony, S_2. Wysokość gwiazdy *S* nad poziomem, w chwili przejścia przez południk, nazywa się *wysokością południkową;* jest to łuk $S_1 H$. Odległość kątowa koła zboczeń od płaszczyzny południka niebieskiego nazywa się *kątem godzinnym.* Kąt godzinny bardzo

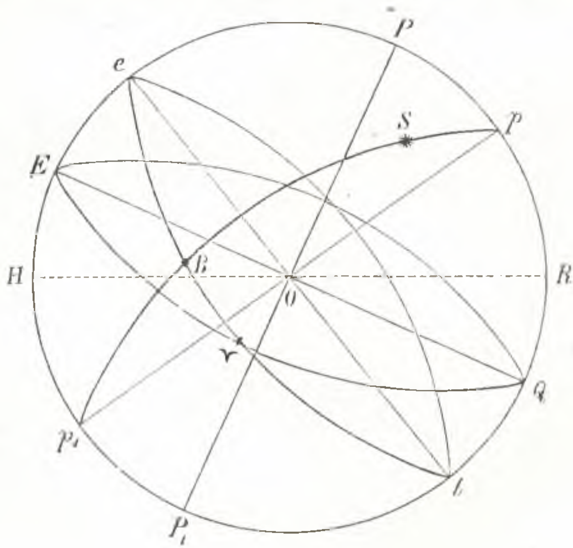


rys. V.

często używa się zamiast wznoszenia prostego i, jak widzimy na rysunku, mierzy się łukiem *AE*, który zupełnie może zastąpić łuk *A*♈.

Wznoszenie proste danej gwiazdy stałej byłoby dla wszystkich miejsc po wszystkie czasy zawsze jednakowe, gdyby punkt wiosenny ♈ nie miał ruchu własnego. Wiadomo jednak, że punkt wiosenny corok przesuwa się ku zachodowi o 50″, o tę wielkość zmieniają się rok rocznie wszystkie wznoszenia proste. Natomiast kąt godzinny w każdym miejscu powierzchni ziemskiej jest inny. Dobrze jest zapamiętać z rysunku, że ◡♈*A*=♈*E*—◡*AE*. Jest to bardzo prosty związek pomiędzy wznoszeniem prostem i kątem godzinnym: *wznoszenie proste równa się wznoszeniu południka mniej kąt godzinny.*

§ 7. **Długość i szerokość astronomiczna.** Odniesiemy dalej położenia gwiazdy do płaszczyzny *ekliptyki*. Niech *EQ* wyobraża równik (rys. VI), a koło *el* ekliptykę; PP_1 oś świata. Punkt *p* otrzymamy, jeżeli poprowadzimy linję *po* prostopadłą względem płaszczyzny ekliptyki. Tak otrzymany punkt *p* nazywa się biegunem ekliptyki. Oznaczywszy na sklepieniu gwiazdę *S*, prowadzimy przedewszystkiem koło przez punkt *p* i przez gwiazdę *S* oraz

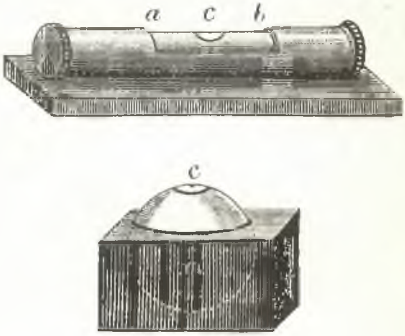


rys. VI.

zaznaczamy punkt *B*, jako przecięcie pSp_1 z płaszczyzną ekliptyki *el*. Ilość stopni, minut i sekund w łuku *SB* nazywa się *szerokością astronomiczną* gwiazdy *S*, a odległość kątowa tego koła od punktu wiosennego ♈ czyli łuk *B*♈ zwie się *długością astronomiczną* tej samej gwiazdy *S*. Długość i szerokość astronomiczna oblicza się wyłącznie tylko dla ciał, mających swój ruch własny, a więc dla księżyca, wszystkich planet oraz dla pozornego biegu słońca.

§ 8. **Oznaczanie poziomu i linii wierzchołkowej.** Ażeby znaleźć azymut i wysokość gwiazdy przy pomocy kątomiaru, trzeba umieć dokładnie oznaczać płaszczyznę poziomą oraz pionową. Płaszczyzną poziomą nazywamy powierzchnię swobodnego płynu w niewielkiem naczyniu lub zbiorniku. Na tej zasadzie odnajdujemy powierzchnię poziomu przy pomocy *libelli* podłużnej lub sferycznej (rys. VII). Podłużna libella przedstawia rurkę *ab* szklaną, trochę wygiętą wypukle, wypełnioną eterem lub alkoholem. Libella sfe-

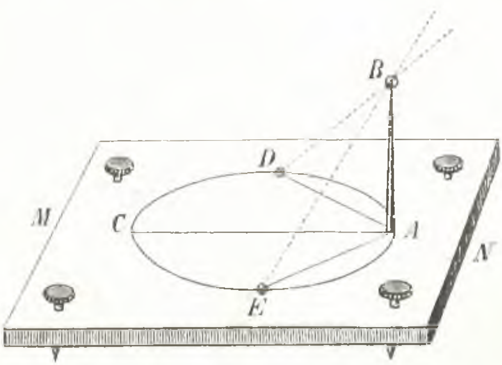
ryczna jest to kula *m* szklanna w oprawie miedzianej, podobnie napełniona jak podłużna. W obudwu jest pozostawiony mały pęcherzyk powietrza *c*, który przy poziomem ustawieniu przyrządu zajmuje najwyższy punkt. Kierunek linii pionowej znajduje się przy pomocy nitki z przymocowaną kulką ołowianą. Gdy swobodnie puścimy kulkę ołowiu, trzymając drugi koniec nitki w ręku, otrzymamy dokładnie linję wierzchołkową, która w przecięciu ze sklepieniem nieba zaznaczy nam *zenit.*



rys. VII.

Libella wskazuje nam *poziom fizyczny* danego miejsca, jeżeli zaś przez środek ziemi poprowadzimy płaszczyznę równoległą do poziomu fizycznego, to otrzymamy *poziom astronomiczny* tego samego miejsca. W każdem miejscu kuli ziemskiej poziom jest inny. Łatwo zauważyć, że płaszczyzny poziomu dwu miejsc tworzą wzajemnie kąt, który jest spełnieniem do 180⁰ tego kąta, jaki tworzą linje pionowe w wspomnianych dwu punktach. Ponieważ, jak widzieliśmy, azymuty liczą się zawsze od punktu południa ku wschodowi, musimy przeto umieć w każdem miejscu wyznaczyć *linję półdzienną.* W tym celu używa się bardzo prostego przyrządu, zwanego *gnomonem,* wynalezionego w odległych od nas czasach w Chaldei. Przyrząd składa się z marmurowej lub szklanej tafelki *MN*, na której nakreślone jest koło *ADCE*. W jednym z puntów okręgu tego koła ustawiony jest prostopadle do *MN* pręcik metalowy z maleńkim pierścieniem na wierzchołku. Promień słońca, wpadając przez otwór pierścienia *B*, zaznaczy w pewnej chwili punkt *D* na samym okręgu koła. Po upływie pewnego czasu, gdy słońce zmieni swe położenie na sklepieniu, będzie jeszcze druga taka chwila, kiedy, wpadając przez otwór pierścienia, promień zaznaczy drugi punkt *E* na tym samym okręgu koła. Należy teraz kąt *DAE* podzielić na dwie równe części, ażeby prawie dokładnie nakreślić półdzienną linję *AC*. Powiadamy „prawie dokładnie”, gdyż musimy tutaj wiedzieć, że słońce oprócz pozornego ruchu dziennego ma jeszcze bieg roczny, który spowoduje pewien drobny błąd w wyznaczaniu linii półdziennej *AC*. Błąd ten wprawny obserwator łatwo poprawi przy pomocy danych, jakie zwykle umieszczają się w rocznikach

astronomicznych. Nie mając pod ręką takich danych, możemy równie dobrze zrobić małą poprawkę, wykreśliwszy sposobem, wyżej opisanym, linję półdzienną w rozmaitych miesiącach roku i biorąc położenie średnie z pomiędzy wszystkich. Drugi nie mniej praktyczny sposób poprawienia błędu będzie polegał na spostrzeganiu dwu położeń dobrze znanej gwiazdy polarnej. Jeżeli w kierunku wyznaczonej poprzednio linii AC umieścimy w dwu różnych punktach dwie nitki, zawieszone pionowo, i uchwycimy taką chwilę, kiedy obie pionowe nitki wraz z gwiazdą polarną będą na jednym

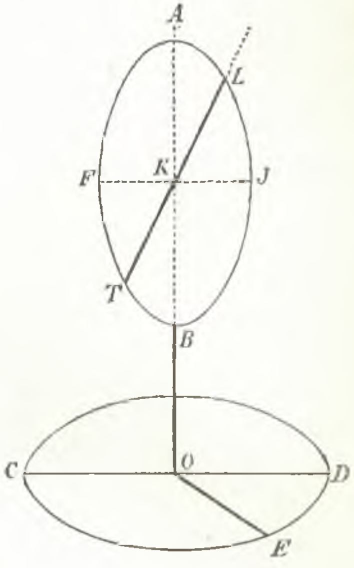


rys. VIII.

i tym samym polu widzenia, wówczas po upływie pewnego czasu zauważymy poraz drugi taką chwilę, gdy gwiazda polarna znowu znajdzie się na tym samym polu widzenia. Będą to dwie chwile górowania i dołowania gwiazdy biegunowej. Jeżeli kierunek linii półdziennej był wytknięty dobrze, to opisane wyżej dwa zjawiska będą następowały w równych przerwach czasu. Najdrobniejsza nierówność pozwoli nam przesunąć kierunek rzeczonej linii AC trochę w prawo lub w lewo.

§ 9. **Narzędzia astronomiczne.** Głównem narzędziem astronomicznem jest luneta przysposobiona do mierzenia kątów w dwu płaszczyznach wzajemnie prostopadłych. Zasadą tego mierzenia jest następujące urządzenie: Dwa koła mosiężne AB i CD są wzajemnie prostopadłe względem siebie; każde z kół jest podzielone na stopnie. Jeżeli koło CD ustawione będzie ściśle w płaszczyźnie poziomej i przytem tak, aby linja CD wypadła w kierunku linii półdziennej, której punkt C oznacza południe a D północ, wówczas drugie koło AB będzie ustawione w płaszczyźnie

pionowej, a linja *JF* będzie pozioma. Linja *LT* oznacza położenie lunety skierowanej na daną gwiazdę. Ilość stopni w łuku *LJ* da nam wysokość gwiazdy, a ilość stopni ⌣ *CE* oznaczy azymut. Tak urządzona luneta nazywa się *teodolitem* lub kątomiarem zwyczajnym. Gdyby koło *CED* ustawione było w płaszczyźnie równika niebieskiego, natenczas przyrząd nosi nazwę *ekwatorjału* i zawsze zaopatrzony bywa w mechanizm zegarowy, który wprawia lunetę w ruch dzienny taki sam, jaki odbywa całe sklepienie. Ekwatorjał jest ważnym przyrządem z tego względu, iż pozwala w każdej chwili oznaczać położenia gwiazdy w odniesieniu do innej lepiej znanej.



rys. IX.

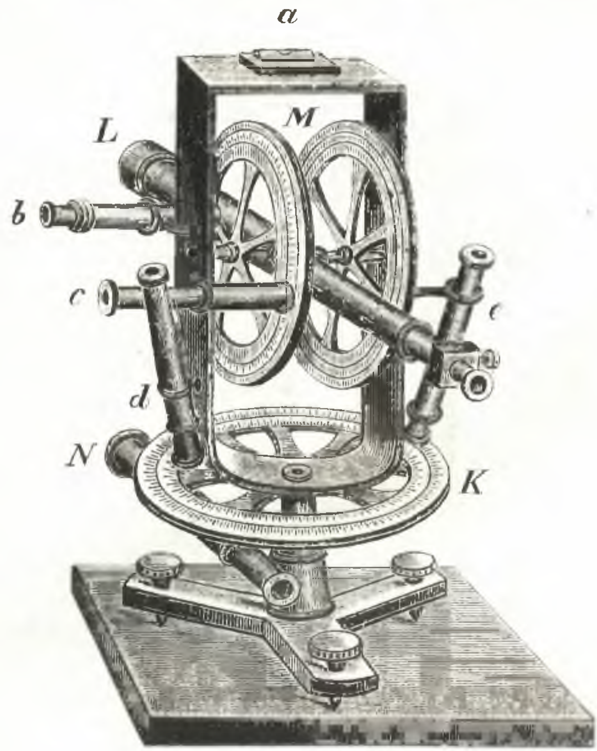
Ekwatorjał również służy do spostrzeżeń, wymagających dłuższego czasu, gdyż gwiazda, widziana przy pomocy ekwatorjału, może nie zejść z pola widzenia w ciągu całej nocy. Luneta, posiadająca tylko jedno koło wierzchołkowe *AB*, ma nazwę *lunety południkowej*.

Dwa poniżej umieszczone rysunki wyobrażają dokładnie urządzone: *teodolit* z lunetą środkową (rys. X), oraz *lunetę południkową* przenośną (rys. XI). Dodatkowe części przyrządu są: 1) wernier, 2) mikroskop z mikrometrem, 3) latarka, oświetlająca miejsce odczytywania stopni na limbie.

Koło mosiężne z podziałką na 360° składa się z dwu kół współśrodkowych: 1) zewnętrzne koło nieruchome nazywa się *limbem* i jest podzielone na 360°, 2) koło wewnętrzne jest ruchome i nazywa się *alidadą*. Na alidadzie w dwu miejscach, symetrycznie oddalonych o 180°, mieszczą się dwa *werniery*. Jest to część okręgu koła, podzielona więcej szczegółowo, aniżeli limb. Tak naprzykład pierwszy wernier przedstawia 59 podziałek limbu, podzielone na 60 równych części, a więc każda podziałka werniera jest o $\frac{1}{60}$ część krótsza od podziałki limba. Jeżeli na limbie mamy 360°, to pierwszy wernier wskazywać nam będzie ilość minut;

w tym celu musimy uważnie odczytać, która podziałka werniera zlewa się z podziałką limba. Gdyby jednakże żadna podziałka pierwszego werniera nie zlewała się z podziałką limba, wówczas drugi wernier wskaże nam dziesiąte części minut.

Każdy z wernierów zaopatrzony bywa mikroskopem w celu dokładnego odczytywania podziałek. Mikroskop przy ostatnim wernierze posiada jeszcze *mikrometr*, którego urządzenie polega na tem, że w polu widzenia mieszczą się dwie nitki wzajemnie równo-

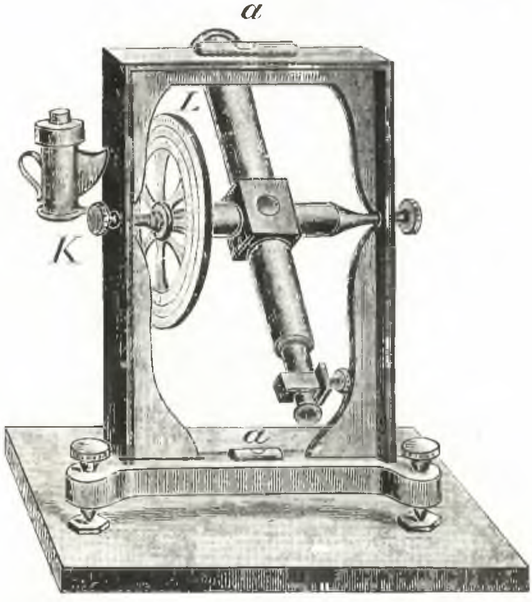


rys. X.
L luneta główna, *M* koło wierzchołkowe, *K* limb, *N* luneta pomocnicza, *a* libella *b*, *c*, *d*, *e* mikroskopy.

ległe, jedna ruchoma, a druga nieruchoma. Ruchoma nitka posuwa się w polu widzenia przy pomocy szruby, bardzo gęsto naciętej. Ilość obrotu szruby, doprowadzająca do tego położenia, aby nitka dotknęła widzianej podziałki werniera, pozwoli nam ocenić setne części jednej minuty.

Lunety astronomiczne bywają większe lub mniejsze. Lunety dużych rozmiarów o wielkiej sile szkieł nazywają się *teleskopami*.

Każda luneta przedstawia tubę mosiężną, zwewnątrz zaczernioną. W jednym końcu tuby jest umieszczona podwójnie wypukła soczewka chemicznie czystego, jednolitego szkła o długiem ognisku; jest to szkło przedmiotowe czyli *objektyw*. W drugim końcu lunety mieści się zazwyczaj trzy do czterech soczewek podmiotowych, czyli tak zwanych *okularów*, o krótkich odległościach ogniskowych. Obraz, otrzymany w lunecie jest zawsze odwrotny w stosunku do rzeczywistego, jest to jednak rzeczą bez znaczenia dla obrazów ciał niebieskich, z których jedne, jak na-



rys. XI.
a, *a* libelle, *L* luneta południkowa, *K* latarka.

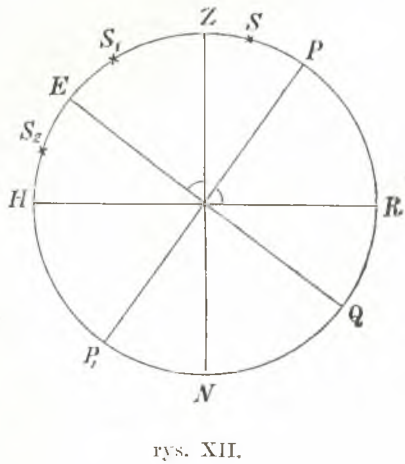
przykład gwiazdy stałe, przedstawiają się zawsze w postaci punktów; inne zaś, jak naprzykład planety, widzimy jako krążki. Dla dokładnego oznaczenia osi optycznej luneta posiada wewnątrz dwie nitki pajęcze skrzyżowane pod kątem prostym.

Wielkiego znaczenia przyrządem astronomicznym jest *zegar wahadłowy* z ciężarkami. Wahadło swym miarowym ruchem zaznacza sekundy i musi mieć tak dobraną długość, ażeby dawało 86400 uderzeń w ciągu całej doby gwiazdowej. Dobą gwiazdową nazywamy czas całkowitego obrotu sklepienia około osi świata. Wielkość tę zmierzyć można ściśle jako przebieg czasu od jednego górowania danej gwiazdy do bezpośrednio następnego górowa-

nia. Doba gwiazdowa dzieli się na 24 godzin, godzina na 60 minut, a minuta na 60 sekund. Odpowiednio temu na cyferblacie poruszają się trzy strzałki, z których jedna wskazuje godziny, druga minuty, a trzecia sekundy. Za początek doby przyjmuje się chwila, gdy punkt ♈ porównania wiosennego przechodzi przez południk miejsca. W każdej chwili zegar można wyregulować. W tym celu spostrzega się jakąkolwiek gwiazdę w pobliżu równika lub na samym równiku. Efemerydy, ogłaszane w rocznikach astronomicznych, dadzą nam wznoszenie proste wybranej gwiazdy, jako czas, naprzykład: 1^h lub 2^h lub 3^h. Taki też czas musi wskazywać i nasz zegar w chwili przejścia wybranej gwiazdy przez południk. Jeżeli gwiazda wyprzedza tę chwilę, to będzie znaczyło, że nasz zegar trzeba posunąć naprzód i odwrotnie, jeżeli wybrana gwiazda opóźnia się, to znaczy, że zegar należy cofnąć, dotykając tylko strzałki minutowej.

Gdyby spostrzegacz nie posiadał zupełnie pewnego zegaru astronomicznego, w takim razie musi zastąpić ten przyrząd przez doskonały *chronometr* kieszonkowy z sekundnikiem.

§ **10. Oznaczanie zboczenia.** Dajmy koło *ZHNP*, wybrażające południk nieba, *EQ* przecięcie z płaszczyzną równika, *Z* zenit, *P* biegun północny i *HR* linja poziomu (rys. XII). Wybierzmy trzy gwiazdy w chwilach górowania: *S* pomiędzy zenitem i biegunem, S_1 pomiędzy zenitem i równikiem i nakoniec S_2 na południe od równika, a więc na półkuli południowej. Zboczenie gwiazdy *S* będzie $SE = SZ + ZE$. Ponieważ tutaj *SZ* jest odległością zenitalną a z rysunku widoczna, że zboczenie zenitu *ZE* równa się *PR* wysokości bieguna, więc powiedzieć możemy, że zboczenie gwiazdy, znajdującej się między zenitem i biegunem, *równa się jej odległości zenitalnej więcej wysokość bieguna.* Zboczenie drugiej gwiazdy S_1 będzie $S_1E = ZE - ZS_1$, więc zboczenie gwiazdy, która znajduje się między zenitem i równikiem *równa się wysokości bieguna mniej odległość zenitalna.* Nakoniec, gdy weźmiemy gwiazdę S_2 w południowej półkuli, będzie zboczenie $S_2E = S_2Z - ZE$ czyli zboczenie



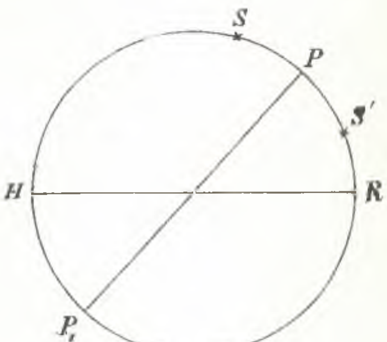
rys. XII.

gwiazdy, mieszczącej się na południe od równika, *równa się odległości zenitalnej mniej wysokość bieguna.* Oznaczając wysokość bieguna przez h, a odległość zenitalną przez z, możemy zboczenie gwiazdy δ zawsze napisać jako $\delta = h \pm z$, gdzie znak $+$ odnosi się do przypadku, gdy gwiazda przechodzi przez południk na północ od zenitu, a znak — odnosić się będzie do tego, gdy gwiazda góruje na południe od zenitu, przy czem wielkość ujemna dla δ będzie oznaką, że gwiazda jest w półkuli południowej.

§ 11. **Oznaczanie wysokości bieguna.** Ponieważ w samym biegunie świata nie ma żadnej gwiazdy, musimy przeto wybrać jakąkolwiek gwiazdę, położoną w pobliżu bieguna. Niechaj S oraz S_1 oznaczają położenia gwiazdy na południku w chwilach górowania i dołowania. Z rysunku (rys. XIII) widzimy, że $SR = SP + PR$ oraz $S'R = PR - PS'$. Dodając te dwie równości i pamiętając, że $SP = S'P$, będziemy mieli

$$PR = \frac{SR + S'R}{2}$$

więc, *wysokość bieguna równa się połowie sumy dwu południkowych wysokości gwiazdy, położonej blisko bieguna.*



rys. XIII.

§ 12. **Oznaczanie wznoszenia prostego.** Wznoszenie proste mierzy się zawsze czasem w chwili górowania gwiazdy. Zegar astronomiczny musi wskazywać $0^h\ 0^m\ 0^s$, gdy punkt wiosenny przechodzi przez południk. Jeżeli potem w chwili górowania gwiazdy zauważymy na zegarze *np.* $3^h\ 10^m\ 8^s$, to odległość kątowa od punktu wiosennego będzie

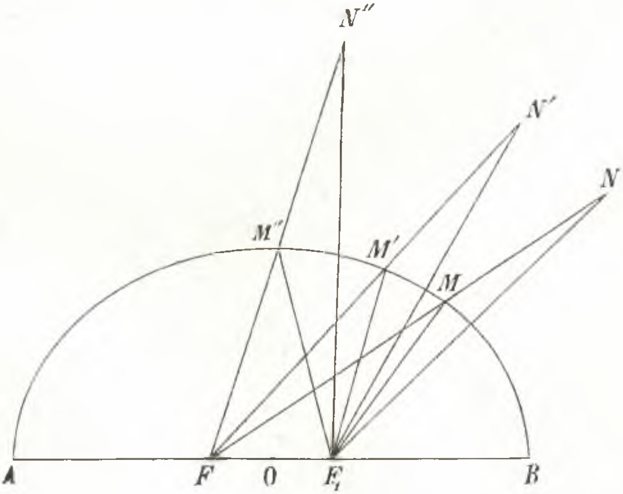
$$\begin{aligned} 3 \times 15 &= 45^\circ \\ 10 \times 15 &= 150' \\ 8 \times 15 &= 120'' \\ \hline \text{Razem}\ .\ . &\ \ 47^\circ\ 32'. \end{aligned}$$

Mnożymy odpowiednie liczby przez 15 dla tego, że w każdą godzinę kąt obrotu będzie $\frac{360^\circ}{24} = 15^\circ$, w każdą minutę $\frac{360.60}{24.60} = 15'$ i w każdą sekundę $\frac{360.60.60}{24.60.60} = 15''$.

§ 13. **Mapy nieba, globus.** Gdy wyznaczymy wznoszenia proste i zboczenia wielu gwiazd, wówczas możemy dla łatwiejszego orjentowania się w zjawiskach nieba, układać mapy i globusy nieba. Na mapie oznaczamy przedewszystkiem biegun jako punkt środkowy (patrz mapę na końcu książki), potem prowadzimy koła równoleżników i równik. Na równiku dowolnie wybieramy punkt wiosenny ♈, a następnie odpowiednio wielkości zboczeń i wznoszeń prostych zaznaczamy na mapie wszystkie gwiazdy, jako punkty. Otrzymamy dokładny obraz sklepienia niebieskiego. Jeżeli takie odmierzanie położeń gwiazd zrobimy na sferze, to będziemy mieli globus nieba. Poddając globus obrotowi, ujrzymy zjawiska ruchu sklepienia.

III. ZIEMIA.

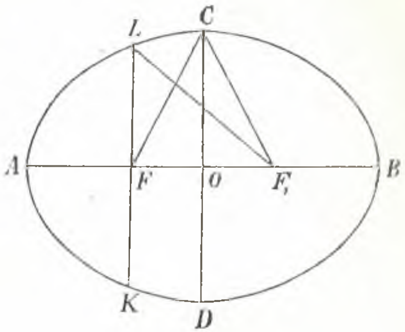
§ 14. **Pojęcie o elipsie.** Ażeby wyrobić sobie jasne pojęcie o kształcie ziemi, musimy powiedzieć kilka słów o linji krzywej



rys. XIV.

i zwartej, zwanej *elipsą*. Wybierzmy pewną linję AB określonej długości i przyjmijmy ją za oś główną zwaną *osią wielką*. Zaznaczywszy na tej osi dwa punkty F i F_1 jednakowo oddalone od

końców, nazywać je będziemy *ogniskami*. Z punktu F prowadzimy linję FN równą osi AB i łączymy punkt końcowy N z punktem F_1 (rys. XIV). Następnie wykreślamy $\angle MF_1N = \angle MNF_1$ i tym sposobem w przecięciu z linją FN otrzymujemy pierwszy punkt M. Postępujemy tak samo dalej: prowadzimy drugą linję $FN' = AB$, łączymy punkty N' z F_1 i wykreślamy drugi kąt $\angle M'F_1N' = \angle M'N'F_1$; tym sposobem zaznaczamy drugi punkt M'. Tak samo, prowadzimy trzecią linję $FN'' = AB$, łączymy punkty N'' i F_1 i, wykreśliwszy kąt $\angle M''F_1N'' = \angle M''N''F_1$, otrzymujemy trzeci punkt M'', i t. d. Łącząc punkty B, M, M', M''..... nakreślimy linję, którą nazywamy *elipsą*.



rys. XV.

Widoczna jest własność tej krzywej. Ponieważ trójkąty $\triangle F_1MN$, $\triangle F_1M'N'$, $\triangle F_1M''N''$ są równoboczne, bowiem mają po dwa kąty równe, zatem $MN = MF_1$; $M'N' = M'F_1$; $M''N'' = M''F_1$; skutkiem tego będzie $FM + F_1M = AB$; $FM' + F_1M' = AB$, i t. d. czyli *suma promieni, łączących jakikolwiek punkt elipsy z ogniskami, jest wielkością stałą, która równa się zawsze długości osi wielkiej.* Wspomniane promienie noszą nazwę *promieni wodzących* elipsy.

Oprócz osi wielkiej AB (rys. XV) jest jeszcze w elipsie druga oś, zwana *osią małą* CD. Obie osie przecinają się w punkcie środkowym O, który także dzieli odległość ogniskową FF_1 na dwie równe części. Stosunek $\frac{OF}{AO}$ nazywa się *mimośrodem* elipsy, a stosunek $\frac{AO - OC}{AO}$ ma nazwę *spłaszczenia*. Gdy mimośród jest większy, wówczas i odległość FO staje się większą, czyli elipsa ma kształt więcej wydłużony. Przeciwnie, przy zmniejszaniu mimośrodu, odległość FO maleje i nareszcie, gdy mimośród będzie równy zeru, wówczas elipsa zamieni się na koło.

Oznaczmy dla krótkości połowę wielkiej osi $AO = a$, połowę małej $CO = b$ i, poprowadziwszy $LK \perp AB$, będziemy nazywali linję LK *parametrem*, którego połowę będziemy oznaczali przez p, więc $LF = p$. Pożytecznem będzie znaleźć wartość odległości ogniskowej FF_1 oraz wartość parametru LK.

Gdy połączymy punkt C (rys. XV) z punktami F i F_1, oraz punkt L z F_1, będziemy mieli

$$FC + CF_1 = 2a \text{ oraz } FL + LF_1 = 2a.$$

stąd będzie $2\, FC = 2a$, oraz $LF_1 = 2a - FL$,

czyli
$$FC = a;\ LF_1 = 2a - p.$$

Z trójkąta prostokątnego $\triangle\ FOC$ wypływa

$$FO = \sqrt{FC^2 - OC^2} = \sqrt{a^2 - b^2},$$

zatem
$$FF_1 = 2\sqrt{a^2 - b^2};$$

jest to odległość ogniskowa. Dalej z $\triangle\ LFF_1$ widoczna, że $LF^2 = LF_1^2 - FF_1^2$ czyli

$$p^2 = (2a - p)^2 - 4\,(a^2 - b^2),$$

stąd wypada łatwo

$$p = \frac{b^2}{a}.$$

Jest to połowa parametru elipsy.

§ 15: **Linje na powierzchni ziemi.** Osią świata nazwaliśmy linję prostą, przechodzącą przez środek ziemi oraz przez północny biegun sklepienia niebieskiego. Ta linja w przecięciu z sferą ziemską zaznacza dwa punkty: biegun północny oraz biegun południowy ziemi, jako końce osi ziemskiej. Płaszczyzna prostopadła do osi, przechodząca przez środek ziemi, zaznacza na powierzchni kuli linję, która nazywa się *równikiem ziemskim*. Płaszczyzna równika niebieskiego i ziemskiego jest jedna i ta sama z tej przyczyny, iż obie płaszczyzny są prostopadłe do osi i obie przechodzą przez środek ziemi.

Południk na sklepieniu nieba otrzymujemy, prowadząc koło przez biegun północny oraz przez zenit. Ponieważ zenit otrzymujemy, przedłużając promień ziemski do przecięcia z sklepieniem nieba, więc płaszczyzna południka niebieskiego przechodzi również przez środek ziemi i daje nam w przecięciu z powierzchnią ziemi linję, która nazywa się *południkiem ziemskim* tego miejsca, na którem znajduje się spostrzegacz. Rzecz oczywista, płaszczyzna południka niebieskiego, przechodząc przez biegun świata, musi tem samem przechodzić i przez oś ziemską. Południkami ziemskimi będą więc te linje, które otrzymamy na powierzchni ziemi, gdy

przez miejsce spostrzegacza oraz przez oś ziemi poprowadzimy płaszczyznę. Jeżeli teraz przez miejsce spostrzegacza poprowadzimy płaszczyznę prostopadłą do osi ziemskiej, a więc równoległą względem płaszczyzny równika, to w przecięciu otrzymamy na powierzchni ziemskiej linię, którą nazywamy *równoleżnikiem* danego miejsca. Z tego objaśnienia widocznem jest, że przez każdy punkt na powierzchni ziemi można poprowadzić tylko jeden południk i jeden równoleżnik; tedy południk i równoleżnik danego punktu pozwalają nam ściśle odróżniać ten punkt od wszelkich innych punktów na powierzchni. Gdy następnie nacechujemy każdy południk oraz każdy równoleżnik pewnemi liczbami, to tem samem będziemy wyznaczali położenia wszelkich punktów na powierzchni ziemi. Liczby tak uzyskane, noszą nazwy *szerokości* oraz *długości geograficznej*. Szerokością geograficzną nazywa się liczba stopni, minut i sekund w łuku południka danego miejsca, licząc od równika. Długością geograficzną nazywa się ilość stopni, minut i sekund w łuku równoleżnika, licząc od pewnego głównego południka do danego punktu. Długość nazywa się wschodnią lub zachodnią według tego, czy punkt leży na wschód, lub na zachód od głównego południka. Podobnie, szerokość geogr. bywa północną lub południową, stosownie do tego czy dany punkt mieści się na pólkuli północnej lub też południowej.

§ 16. **Wyznaczanie szerokości geograficznej.** Niech koło $epqp_1$ wyobraża ziemię, $EPQP_1$ sklepienie nieba, Z zenit, P biegun, EQ równik, HR poziom odnośnie do punktu a, którego szerokość geograficzna mierzy się łukiem ae. Z rysunku widoczna, że łuk $ZE = PR$; skutkiem tego $\smile ea = \smile pr$, czyli szerokość geograficzna miejsca a mierzy się wysokością bieguna P ponad poziomem.

Jak się znajduje wysokość bieguna, o tem była mowa w § 11, ten sam sposób daje nam jednocześnie szukaną szerokość geograf.

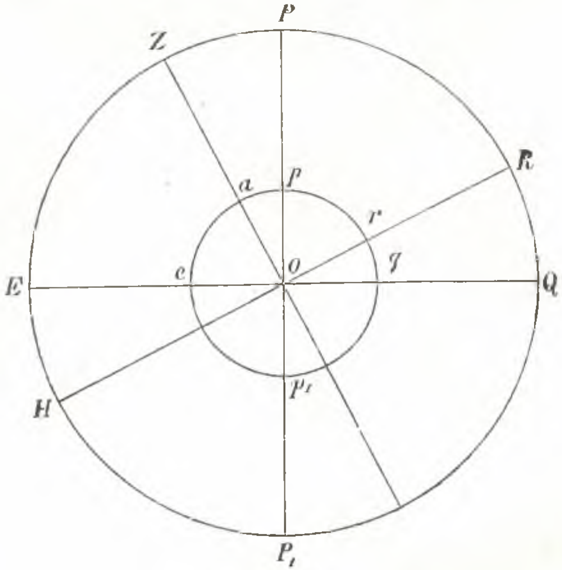
Gdy mamy pod ręką tablicę zboczeń główniejszych gwiazd, to bardzo dokładnie możemy wyznaczyć szerokość geograficzną, dostrzegając górowanie dwu sąsiednich gwiazd, jednej na północ od zenitu, a drugiej na południe od tegoż zenitu. Odległość zenitalna pierwszej gwiazdy będzie, jak wiemy,

$$z = \varphi - \delta,$$

gdzie φ oznacza wysokość bieguna czyli szerokość geogr., a δ zboczenie gwiazdy (§ 10). Odległość zenitalna drugiej gwiazdy $z' = \delta' - \varphi$. Jeżeli $z > z'$, wówczas będzie

$$z - z' = \varphi - \delta - \delta' + \varphi,$$ skąd wypada

$$\varphi = \frac{1}{2}(\delta + \delta') + \frac{1}{2}(z - z').$$



rys. XVI.

Jest to szukana szerokość geograf.; wielkości δ oraz δ' odczytujemy z katalogu, a z i z' odnajdujemy przy pomocy kątomiaru. Najkorzystniejsze położenie będzie wówczas, gdy obie gwiazdy są bliskie zenitu; w tym przypadku jednakowe błędy obserwacyi zaniedbujemy zupełnie, gdyż muszą zniknąć bez śladu w różnicy $z - z'$. Gdyby był drugi przypadek, iż $z < z'$, to byłoby w takim razie

$$z' - z = \delta' - \varphi - \varphi + \delta,$$

tedy $$\varphi = \frac{1}{2}(\delta + \delta') - \frac{1}{2}(z' - z).$$

§ **17. Wyznaczanie długości geograficznej.** Długość geograficzna mierzy się różnicą czasu. Jeżeli punkt wiosenny lub jakakolwiek gwiazda stała przechodzi przez południk, odpowiadający danemu punktowi, to zjawisko takie nie może być widziane w tym samym czasie na innym południku. Gdyby drugi południk był oddalony na zachód od pierwszego o 15°, licząc według łuku równoleżnika, to przejście punktu wiosennego przez drugi południk zaszłoby o godzinę później. To znaczy, że w tym czasie.

gdy zegar astronomiczny pierwszego południka wskazuje $0^h 0^m 0^s$, zegar, odpowiadający drugiemu południkowi, wskazywać będzie $23^h 0^m 0^s$, czyli wykaże brak jednej godziny do końca doby gwiazdowej. Gdy drugi południk byłby oddalony od pierwszego o 30°, to różnica czasu będzie 2 godziny, przy oddaleniu południka o 90°, różnica czasu wyniesie 6 godzin i t. p. Jeżeli podróżny, wyjeżdzając z jednego miejsca, będzie ciągle jechał na zachód i objedzie dokoła całą ziemię, wówczas na różnicy czasu kolejnych południków utraci całą dobę. Tak się też stało zaraz w pierwszej podróży naokoło świata. Towarzysze Magellana w chwili powrotu do Europy liczyli dzień 6 Września, podczas gdy na lądzie stałym był już 7 Września. Zdziwienie marynarzy było wielkie, bowiem każdy dzień był jak najdokładniej notowany przez kapitana okrętu. Przyczynę tego faktu później znaleziono i dzisiaj już przy każdej podróży dokoła świata umówiono się poprawiać kalendarz przy oddaleniu o 180° od południka paryskiego, na południku, przebiegającym cieśninę Beringa. Rzecz jasna, że, gdyby kierunek podróży był ciągle wschodni względem południka danego miejsca, w takim przypadku w chwili powrotu na miejsce liczyć będziemy o jeden dzień za wiele. Z powyższego objaśnienia wypada, że, aby wiedzieć różnicę długości geograficznych dwu punktów, trzeba poznać dokładnie różnicę czasu, odpowiadającą dwu danym południkom. W tym celu używa się kilka sposobów:

1) *Przewożenie chronometrów.* Duży dokładny chronometr, dobrze zabezpieczony przed wilgocią, pyłem i niepożądanemi wstrząśnieniami, nastawia się podług czasu pierwszego miejsca na powierzchni ziemi i następnie przewozi się taki chronometr do drugiego miejsca; poczem porównywa się czas obudwu południków. Zamiast przewożenia chronometrów można użyć sygnałów rakietowych w dwu punktach i jednocześnie notować czas, odpowiadający każdemu punktowi.

2) *Sygnały telegrafu.* Jeżeli miejsca, których długość geogr. wyznaczamy, są połączone telegrafem, to najlepiej będzie z jednego miejsca do drugiego wysyłać sygnały telegraficzne i w tej samej chwili notować czas w każdem miejscu.

3) *Zjawiska astronomiczne.* Do najodpowiedniejszych zjawisk, które służą niejako sygnałami na sklepieniu nieba w celu wyznaczania różnic czasu, są przejścia księżyca przez południk, albo jeszcze lepiej pokrycia pewnych gwiazd przez księżyc i nakoniec zaćmienia oraz przejścia przez tarczę planety Jowisza wszystkich jego księżyców. Spostrzegacz, mający pod ręką roczniki astrono-

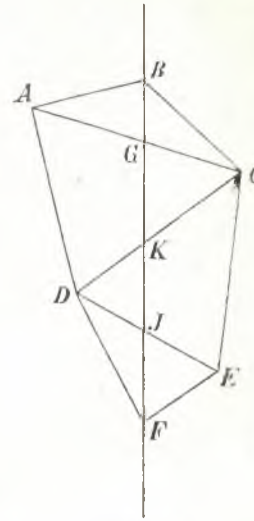
mieczne, odczytuje chwilę zaćmienia 1-go księżyca Jowisza według czasu paryskiego i następnie notuje chwilę tego samego zjawiska podług czasu tego południka, na którym się znajduje. Z uzyskanych liczb łatwo otrzymuje się różnicę czasu. Jeżeli ta różnica wypadła $1^h\ 12^m\ 6^s$, to różnica długości geogr. będzie

$$\begin{array}{rcl} 1 \times 15 &=& 15^0 \\ 12 \times 15 &=& 180' \\ 6 \times 15 &=& 90'' \\ \hline \text{Razem} \;.\;. && 18^0\,1'30'' \end{array}$$

§ 18. **Pomiary południka ziemskiego.** W celu dokładnego określenia kształtu ziemi konieczne są ścisłe pomiary łuku południka w okolicach podrównikowych, następnie w średnich strefach i nakoniec w okolicach podbiegunowych. Zupełnie jednakowa długość każdego stopnia wymierzonych łuków wskazywałaby nam, że ziemia jest kulą; niejednakowa długość stopni południka będzie oznaką, że ziemia w mniejszej lub większej mierze odstępuje od postaci kuli. Od najdawniejszych czasów zajmowali się ludzie kwestją wymiarów ziemi. Widzieliśmy, jak udatnym był pomysł Eratosthenesa, który ze znaczną ścisłością pozwolił temu astronomowi uskutecznić teoretyczny rachunek, dotyczący wymiarów ziemi; brakowało jednak temu pomysłowi praktycznego sprawdzenia wyników. Było to wykonane znacznie później; po kilku próbach, czynionych przez arabów w IX wieku na równinie Sindżar, dopiero w roku 1669 astronom francuski Picard zrobił trochę dokładniejszy pomiar południka paryskiego od Paryża do Amiensł Później w roku 1735 przedsięwzięto pomiary na większą skalę. Z Paryża wyjechały dwie komisje uczonych: jedna do Peru, a druga na północ do Laplandyi. W początkach XIX wieku duże zasługi przy wymiarach łuku południka położył astronom królewiecki Bessel. Odtąd datują się pewniejsze dane, dotyczące rozmiarów ziemi. Wszystkie te pomiary stwierdziły niezbicie, że długość jednego stopnia łuku południka w okolicach podrównikowych jest mniejsza, aniżeli w miejscowościach podbiegunowych; pod równikiem 1^0 wynosi około 110 kilometrów, podczas gdy pod biegunami 112 km. Metodę pomiarów łuku południka podał w roku 1617 holender Snellius. Polega ta metoda na trygonometrycznem rozwiązywaniu trójkątów i z tego powodu nazywa się *trójkątowaniem* (triangulacją).

Na powierzchni ziemi (rys. XVII) wytyka się szereg punktów A, B, C, D, E, F..... Kierunek południka oznacza linja

BF, której wytknięte są tylko punkty końcowe i oznaczona jest ściśle szerokość geogr. tak punktu *B* jak i *F*. Położenie linji *BF* w każdym trójkącie oznacza się przy pomocy kątomiaru. Następnie, zmierzywszy bardzo starannie *bazis AB* i wyznaczywszy wszystkie kąty trójkątów, rozwiązuje się te trójkąty sposobami trygonometrycznymi. W końcu pozostanie do obliczenia z pierwszego trójkątu odcinek *BG*, z drugiego *GK*, z trzeciego *KJ* i z czwartego *JF*. Suma wszystkich odcinków da nam szukaną długość łuku południka *BF*. Należy już tylko zredukować otrzymaną długość do poziomu morza, ażeby uzyskać zupełnie ścisłą i pewną wielkość łuku południka. Takie pomiary czynione są z wielką troskliwością dzisiaj i będą robione jeszcze w ciągu wielu lat w przyszłości, ażeby dać nam niewzruszone pojęcie o kształcie ziemi, czego dzisiaj jeszcze, niestety, nie posiadamy. Pomiary uskuteczniano wzdłuż kilkunastu zaledwie południków oraz w kierunku kilku równoleżników i równika. Okazało się, że południki nie są to jednakowe elipsy, a równik i równoleżniki odstępują trochę od kształtu kołowego; przeto ziemia nie może być uważaną za prawidłową bryłę geometryczną, nie jest ani kulą, ani elipsoidą. Ziemia ma swoją własną postać geometryczną, którą dla odróżnienia nazywamy *geoidą*. Przekonano się po uskutecznieniu mierzeń głębokości oceanów w rozmaitych miejscach, że po zupełnem usunięciu wód z powierzchni ziemi, twarde części bryły ziemskiej utworzyłyby ostrosłup czworościenny (tetraedr), którego podstawa mieści się na półkuli północnej, a wierzchołek na półkuli południowej. Części stałe razem z wodami tworzą postać okrągło kulistą, spłaszczoną pod biegunami. Przybliżona wartość promienia równika jest 6378253 metrów (± 75 m.), a połowa osi 6356521 metrów (± 111 m.). Tym sposobem *spłaszczenie* ziemi



rys. XVII.

$$\frac{a-b}{a} = \frac{1}{293}.$$

Takie są ostatnie wyniki najnowszych pomiarów geodezyjnych. Wziąwszy średnią wartość promienia ziemskiego $R = 6360$ kilo-

metrów, możemy obliczyć objętość kuli bardzo zbliżonej do objętości naszej ziemi

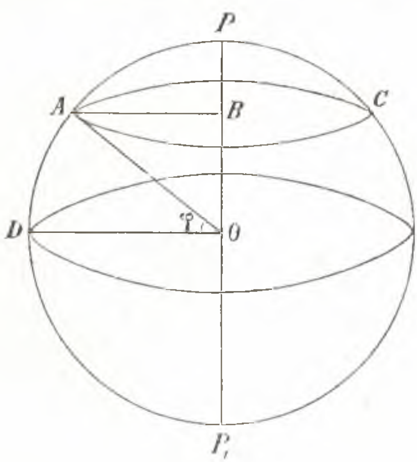
$$\frac{4}{3}\pi\,(6360)^3 = 1\,077\,625\,000\,000 \text{ kilom. sześć.}$$

Woda, wzięta w takiej objętości, ważyłaby

1 077 625 000 000 000 000 000 tonn,

licząc 1 tonnę = 1000 kilogr. Ponieważ wiadomo, że gęstość ziemi $5^1/_2$ razy przewyższa wodę, więc mnożąc powyższy ciężar wody przez $5^1/_2$, otrzymalibyśmy liczbę, wyrażającą ciężar naszej ziemi. Ogrom tej liczby wprawia nas w zdumienie; nie zapominajmy jednak o tem, że rozmiary ziemi są nieskończenie małe w porównaniu z ogromem wszechświata.

Przyjmując ziemię za kulę, można teoretycznie obliczyć wielkość jednego stopnia na każdym równoleżniku, którego szerokość geogr. wiadoma. W rzeczy samej, nazywając promień ziemi R



rys. XVIII.

a wielkość jednego stopnia na równiku m, będziemy mieli stosunek długości 1^0 taki sam, jak stosunek okręgów tych kół, do których rzeczone stopnie należą (rys. XVIII),

tedy
$$\frac{x}{m} = \frac{AB}{R}.$$

Widzimy jednak, że $AB = AO \cos BAO$ oraz

$$\angle BAO = \angle AOD = \varphi,$$

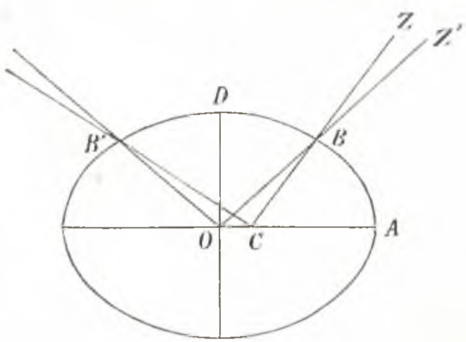
skutkiem tego
$$x = m \cos \varphi.$$

Wiedząc, że $m = 110^1/_2$ kilometr. i mnożąc tę liczbę przez *dostawę* szerokości geograficznej, znajdziemy szukaną wielkość 1^0 na każdym równoleżniku. Wynik będzie tylko zbliżony do prawdziwej wielkości, gdyż ziemia odstępuje od kształtu kuli.

§ **19. Wpływ kształtu ziemi na zjawiska astronomiczne.** Bezpośredni wpływ kształtu bryły ziemskiej na zjawiska astronomiczne ujawnia się: *a)* w zmianie widoku nieba w rozmaitych punktach powierzchni ziemskiej, *b)* w położeniu zenitu geocentrycznego i nakoniec *c)* w istnieniu *paralaksy*. Rozpatrzymy po szczególe wymienione trzy zjawiska.

a) Zmiana widoku nieba. Widzieliśmy, że wysokość bieguna sklepienia niebieskiego równa się szerokości geograf. tego miejsca, na którem się znajdujemy. Skutkiem tego ze zmianą miejsca na powierzchni ziemi następuje jednoczesna zmiana w położeniu bieguna. Jeżeli będziemy posuwać się coraz bardziej na północ, to szerokości geograf. kolejnych miejsc stawać się będą coraz bliższe 90^0, skutkiem tego biegun świata zbliżać się będzie ku zenitowi i gdybyśmy stanęli na biegunie ziemi, wówczas biegun świata byłby w samym zenicie. Wszystkie inne gwiazdy odbywają ruch dzienny na sklepieniu nieba dokoła osi świata, tedy na samym biegunie ziemskim ujrzelibyśmy wszystkie bez wyjątku gwiazdy półkuli północnej, zataczające koła równolegle do linji widnokręgu. W miarę oddalania się od bieguna ziemskiego, biegun świata odstępować będzie od zenitu, skutkiem tego przy obrocie sklepienia gwiazdy półkuli północnej już nie będą zakreślały kół równoległych do linji widnokręgu, lecz koła te będą coraz bardziej pochyłe do poziomu. Niektóre gwiazdy, dalej umieszczone od bieguna, będą zachodziły czyli w czasie obrotu dziennego będą zapadały poniżej poziomu. Gdy, oddalając się od bieguna coraz więcej na południe, znajdziemy się na równiku ziemi, w tym przypadku szerokość geogr. miejsca stanie się zerem, a więc jednocześnie i wysokość bieguna ponad poziomem będzie zerem, to znaczy, że biegun świata znajdzie się na samej płaszczyźnie poziomu w północnym punkcie widnokręgu. Jednocześnie ujrzymy południowy biegun świata po przeciwnej stronie poziomu w południowym punkcie widnokręgu. Z tego widoczna, że oś świata znajdzie się na płaszczyznie poziomu w tej chwili, gdy spostrzegacz stanie na samym równiku. W tem ostatniem położeniu będą widzialne wszystkie gwiazdy tak półkuli północnej jak i południowej; wszystkie bez wyjątku gwiazdy będą zakreślały półkola prostopadłe do płaszczyzny poziomu.

b) Zenit geocentryczny. Widzieliśmy (§ 10), że zboczenie gwiazdy dla wszystkich miejsc powierzchni ziemskiej powinno być stałem i wszędzie jest równem odległości zenitalnej, więcej lub mniej szerokość geogr. danego miejsca. Spostrzegacz, który porównywał-by liczby, otrzymane taką drogą dla zboczeń gwiazd, mających ruch własny, widzianych w strefie średnich szerokości geogr., z temi liczbami, które uzyskano dla zboczeń tychże gwiazd w tej samej chwili w miejscowościach podrównikowych, ujrzał by z pewnym zdziwieniem, że dane z jednakowych spostrzeżeń stale różnią się między sobą. Różnic tych nie można przypisywać ani przypadkowym błędom, ani niedokładności narzędzi astronomicznych, gdyż występują one stale na rozmaitych punktach powierzchni ziemskiej na jednym i tym samym południku. Gdy zbadamy ten fakt bliżej, okaże się, że inaczej być nie mogło z tej przyczyny, iż zenitalne odległości gwiazd odnosimy do zenitu astronomicznego, który otrzymujemy na przedłużeniu linji pionowej *ZB* (rys. XIX). Wszystkie linje pionowe kierują się zawsze i wszędzie ku środkowi ciężkości *C* bryły ziemskiej, który jest nieco oddalony od środka geometrycznego *O*. Ażeby otrzymać w punkcie *B* odpowiedni *zenit geocentryczny Z'*, należy połączyć punkt *B* z środkiem ziemi i przedłużyć tę linję do granic sklepienia. Tak więc widzimy, że dla ujednostajnienia prawidła wyznaczania zenitalnych odległości gwiazd ruchomych, trzeba dać wszędzie jednakowe prawidło dla otrzymania zenitu. Tymczasem skutkiem niesymetrycznego położenia środka ciężkości bryły ziemskiej zenit astronomiczny każdego miejsca po jednej stronie półkuli będzie się odchylał trochę ku północy, gdy w punkcie *B'* po przeciwnej stronie półkuli będzie się oddalał trochę ku południowi. Zenit ge-



rys. XIX.

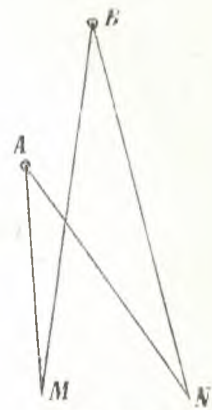
ocentryczny usuwa te nierówności i ujednostajnia wszystkie spostrzeżenia. Zmiana położenia zenitu jest drobna i, jak naprzykład, dla Warszawy równa się 11′9″.

Należy tutaj zauważyć, że dokładna znajomość położenia zenitu geocentrycznego pozwoli nam oznaczyć oddalenie środka ciężkości bryły ziemskiej od jej środka geometrycznego. W rzeczy samej, trzeba tylko rozwiązać trójkąt *BOC*, w którem *OB* oznacza promień średnich szerokości, w przybliżeniu równy 6360 kilom., $\angle\, OBC = 11'9''$, dla Warszawy, a $\angle\, OCB = 180^0 - \varphi = 127^0\, 46'\, 54''$. Wszelkie zmiany $\angle\, OBC$ będą wyrazem zmian w położeniu środka ciężkości ziemi.

O poprawce zenitu geocentrycznego pamiętać trzeba przy wyznaczaniu położeń ciał ruchomych, jakiemi są planety, księżyc i t. p.

Co się tycze gwiazd stałych, to dla nich zenit geocentryczny jest bez znaczenia, gdyż w miarę odchylenia zenitu odchyla się też w tę samą stronę i płaszczyzna poziomu, skutkiem tego położenie kątowe gwiazdy stałej pozostanie bez zmiany.

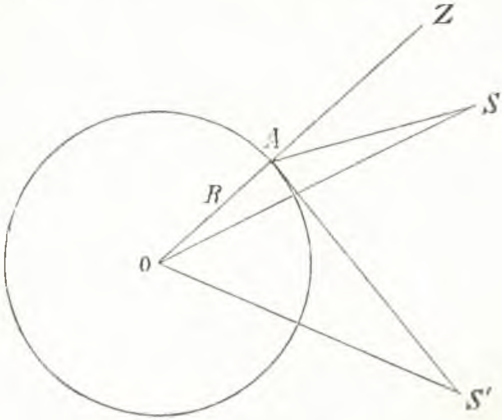
c) Paralaksa dzienna. Paralaktycznem przemieszczeniem nazywa się takie pozorne przesunięcie się dwu przedmiotów, które wynika ze zmiany miejsca spostrzeżeń. Gdy patrzymy na dwa przedmioty, naprzykład dwa drzewa, *A* i *B* (rys. XX), stojąc w punkcie *M*, będziemy mieli promienie wzrokowe skierowane pod kątem *AMB*. Jeżeli zmienimy miejsce i spojrzymy na te same dwa przedmioty z punktu *N*, promienie wzrokowe utworzą inny kąt $\angle\, ANB$. Będzie nam się zdawało, że przedmioty, pierwotnie zbliżone względem siebie, rozsunęły się wzajemnie. Złudzenie będzie zupełniejsze, jeżeli nie będziemy odczuwali ruchu własnego, naprzykład w czasie spokojnej jazdy koleją, lub czułnem. Należy zauważyć, że paralaktycznemu przesunięciu podlegają tylko przedmioty bliskie, natomiast nie zauważymy żadnej zmiany w położeniu przedmiotów bardzo od nas odległych. Zupełnie podobne zjawiska będą zachodziły ze zmianą położenia spostrzegacza na kuli ziemskiej. Gwiazdy stałe niezmiernie od nas oddalone nie będą podlegały paralaktycznym przesunięciom, natomiast ciała niebieskie bliżej ku nam położone,



rys. XX.

jak słońce, księżyc i wszystkie planety będą doznawały większych lub mniejszych przemieszczeń paralaktycznych.

Położenia ciał ruchomych odnosić musimy do środka ziemi. Musimy wyobrażać sobie, że ziemia jest punktem czyli, inaczej mówiąc, że spostrzegacz znajduje się w środku ziemi. Patrząc z środka ziemi *O* (rys. XXI) na zenit miejsca *A* oraz na ciało niebieskie *S*, niezbyt od ziemi oddalone, będziemy widzieli te dwa



rys. XXI.

punkty pod wzajemnym kątem promieni wzrokowych $\angle ZOS$. Jeżeli teraz ten sam spostrzegacz będzie mieścić się na powierzchni w punkcie *A*, to ujrzy zenit oraz ciało *S* pod kątem wzrokowym $\angle ZAS$ większym od $\angle ZOS$, skutkiem tego będzie się wydawało, że zenit *Z* oraz ciało *S* wzajemnie się rozsunęły. To pozorne przesunięcie punktu *S*, zależne od zmiany położenia oka spostrzegacza, nazywa się przemieszczeniem paralaktycznem ciała *S*. Kąt $ASO = \angle ZAS - \angle ZOS$ ma nazwę *paralaksy dziennej* albo *paralaksy wysokości* i, rzecz jasna, zmienia się w ciągu doby gwiazdowej w miarę ruchu własnego punktu *S*. Gdy ciało *S* wstąpi na południk danego miejsca, wówczas paralaksa nazywa się *południkową*. Gdy ciało *S* w czasie ruchu znajdzie się na płaszczyznie poziomu, w tym przypadku paralaksa dochodzi do swej największości i nazywa się *paralaksą poziomą* $= \angle AS'O$. Znajomość paralaksy poziomej jest dużego znaczenia, gdyż daje nam bardzo łatwy sposób wyznaczania odległości ciała *S* od środka ziemi. Istotnie, rozwiązując trójkąt prostokątny *AS'O*, znajdziemy

$$(\alpha) \qquad OS' = \frac{R}{\sin AS'O}.$$

tedy *odległość od środka ziemi równa się promieniowi ziemskiemu, podzielonemu przez wstawę paralaksy poziomej.* Największa paralaksa będzie dla księżyca, jako ciała względem ziemi najbliższego, jest ona równą 57′ 3″. i ulega drobnym zmianom w miarę oddalania lub zbliżania się księżyca. Paralaksa pozioma słońca jest równą 8″,80.

Posiadając paralaksę poziomą, możemy wyznaczać wszelką inną *paralaksę wysokości.* Istotnie, z $\triangle$ ASO mamy

$$\frac{AO}{OS} = \frac{\sin ASO}{\sin SAO}.$$

Widzieliśmy jednak (α) że $\frac{AO}{OS} = \sin P$, gdzie P oznacza paralaksę poziomą; oprócz tego z rysunku widoczna, iż

$$\angle SAO = 180^0 - \angle ZAS, \text{ tedy}$$

$$\sin P = \frac{\sin ASO}{\sin ZAS},$$

skąd wypada

$$\sin ASO = \sin P \sin ZAS.$$

To znaczy, że *wstawa paralaksy wysokości równa się wstawie paralaksy poziomej, pomnożonej przez wstawę odległości zenitalnej ciała S.*

Po wyłożeniu ustępu o paralaksie, łatwiej teraz zrozumiemy, że tak zenit geocentryczny jak i paralaksa dzienna mają znaczenie tylko dla takich ciał niebieskich, które nie są nieskończenie oddalone od ziemi. Dla gwiazd stałych ziemia jest bezwzględnym punktem; podczas gdy położenia ciał bliżej nas położonych odnosić musimy do geometrycznego środka ziemi. Nie określiwszy zenitu geocentrycznego, zmuszeni bylibyśmy odnosić położenia ciał, bliskich względem nas, do środka ciężkości ziemi, co z wielu względów byłoby niedogodnem.

d) Wyznaczanie paralaksy. Ogólną metodą znalezienia paralaksy będzie następujące postępowanie. Na jednym i tym samym południku wybieramy dwa punkty A oraz A'. Punkt A ma szerokość geograf. północną $= \varphi$; a punkt A' mieć będzie szerokość geograf. południową $= \varphi'$. (rys. XXII). Spostrzegacze, umieszczeni w dwu tak wyznaczonych punktach A i A', kierują kątomiary na to samo ciało S jednocześnie, a więc w chwili górowania.

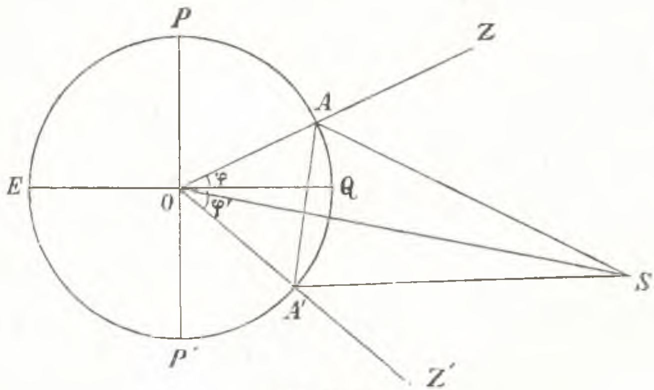
Każdy spostrzegacz notuje zenitalną odległość, z punktu A będzie to kąt ZAS oraz z punktu A' kąt $Z'A'S$. Widocznem jest dalej z rysunku, iż

$$\angle ZAS = \angle AOS + \angle ASO$$

$$\angle Z'A'S = \angle A'OS + \angle A'SO.$$

Stąd łatwo wypada po dodaniu

$$\angle ASA' = \angle ZAS + \angle Z'A'S - (\varphi + \varphi').$$

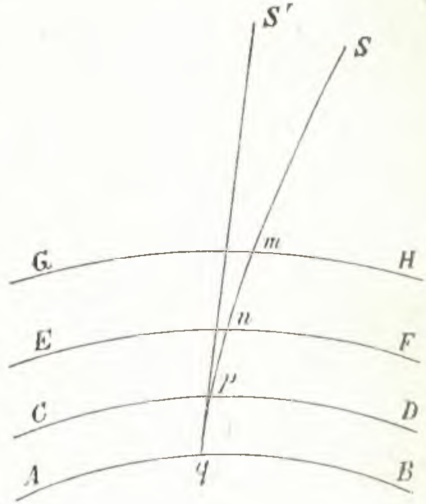


rys. XXII.

Znaleźliśmy więc kąt, pod którym promienie wzrokowe z punktu S kierują się na cięciwę ziemską AA'. Gdy ta cięciwa będzie równą wielkości promieni ziemi, to znaleziony $\angle ASA'$ będzie dokładnie *paralaksą poziomą*. Gdy cięciwa AA' będzie równą wielkości promienia równikowego, wówczas $\angle ASA'$ mieć będzie nazwę *paralaksy poziomej równikowej*.

§ 20. **Refrakcja astronomiczna.** Zjawisko refrakcji polega na tem, że promień światła, przenikając z pustej przestrzeni wszechświata do atmosfery ziemskiej, przechodzi przez warstwy powietrza $GHEF$, $EFCD$ i $CDAB$, o rozmaitej gęstości (rys. XXIII). Warstwy są tym gęstsze, o ile bliżej znajdują się przy powierzchni ziemi. W każdej warstwie promień załamuje się podług praw fizycznych. Promień Sm w pierwszej warstwie odchyla się od pierwotnego kierunku i biegnie wzdłuż linji mn. W następnej warstwie promień poraz drugi odchyla się i idzie w kierunku np. i t. d.; aż nareszcie, zmieniwszy kierunek w ostatniej warstwie wzdłuż linji pq, promień wpada do oka spostrzegacza, który widzi

gwiazdę w kierunku prostym w punkcie S', znajdującym się na przedłużeniu ostatniego kierunku *pq*. Wynik tych kolejnych załamań jest, jak widzimy, taki, że gwiazda, którą powinniśmy spostrzedz w punkcie S, pozornie znajduje się w punkcie S'; czyli refrakcja astronomiczna podwyższa wysokość gwiazdy ponad poziomem. Chcąc otrzymać rzeczywiste położenie gwiazdy, musimy od spostrzeżonej wysokości jej odjąć drobną poprawkę, podawaną w odpowiednich tablicach. Jeżeli gwiazda znajduje się w zenicie, wówczas promień pada prostopadle względem wszystkich warstw, i skutkiem tego załamaniu nie ulega. Retrakcja dla położeń w samym zenicie równa się zeru. Dla gwiazd bliskich zenitu poprawka refrakcji jest bardzo małą; blisko poziomu poprawka wzrasta i dochodzi na samym poziomie do 35'.



rys. XXIII.

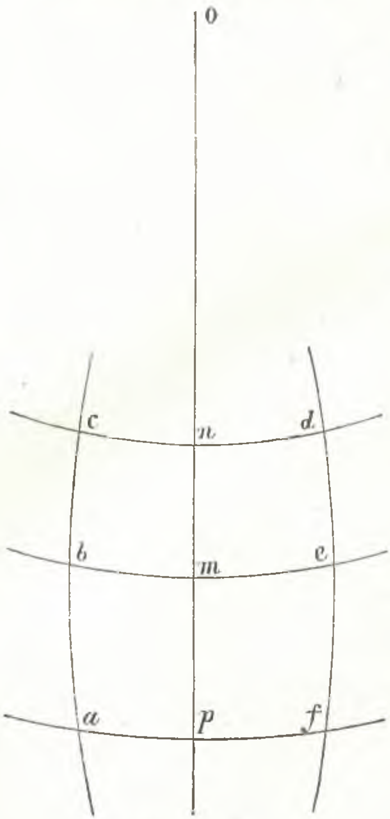
Obecność pyłu i pary wodnej zmienia prawa załamywania promieni.

§ 21, Globus ziemski, mapy. Ażeby mieć jasne pojęcie o kształcie powierzchni ziemi, przedstawiamy ją w postaci sfery sztucznej, niezbyt wielkich rozmiarów. Ponieważ spłaszczenie ziemi równa się $\frac{1}{293}$, więc oś powinna być krótsza od średnicy równika o $\frac{1}{293}$ część. Przy małych rozmiarach sfery nie możemy wcale uwydatnić tak małej różnicy i z tej przyczyny sferę sztuczną czyli, tak zwany, *globus* ziemi robi się zawsze w kształcie kuli. Wybrawszy na tej kuli dwa przeciwległe krańce osi, oznaczamy je jako *bieguny* i w równych odległościach od obu biegunów kreślimy wielkie koło, nazywając je *równikiem*. Następnie, przez oba bieguny prowadzimy koła podłużne, nazywając je *południkami* i kreślimy równolegle do równika koła poprzeczne, dając im nazwę *równoleżników*. Uzyskawszy taką siatkę na powierzchni globusa, wybieramy jeden z południków za główny i odnośnie do szeroko-

ści oraz długości geogr. każdego z punktów zaznaczamy takie same punkty na globusie. Połączywszy główniejsze punkty między sobą, otrzymamy obraz lądów, wysp i mórz, znajdujących się na powierzchni ziemi. Gdy globus urządzony będzie bez błędów, pożytek z tego będzie znaczny. Nietylko mieć będziemy ścisły obraz powierzchni, lecz nawet będziemy w możności odpowiedzieć dokładnie na pytania: jaka jest odległość danej wyspy od pobliskiego lądu? Jaka jest szerokość zatoki, lub cieśniny; jaki jest rozmiar danego lądu?

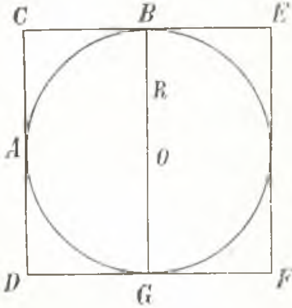
W tym celu bierzemy do ręki cyrkiel i mierzymy żądaną odległość; następnie, nie zmieniając otworu cyrkla, przenosimy na równik. Jeżeli liczba, odmierzona na równiku, wyniesie *m* stopni, to szukana odległość będzie $m \times 110^1/_2$ kilometrów.

Globus ziemski, jakkolwiek bardzo użyteczny, nie pozwala nam dawać więcej szczegółowego obrazu lądów, jeżeli wymiary globusa są małe. Z tego powodu dla więcej szczegółowego obrazu lądów potrzebne są *mapy*. Te ostatnie muszą czynić zadość warunkowi, aby niezbyt daleko odstępowały od obrazów, otrzymanych na powierzchni kuli. Tym warunkom najbliższe są mapy w rzutach Bonna oraz Merkatora. Rzut Bonna jest to rzut każdego punktu sfery na powierzchnię stożka stycznego względem tej samej sfery. Linje styczne względem południków przecinają się z osią sfery i tworzą boczną powierzchnię opisanego stożka. Ażeby nakreślić mapę pewnej części powierzchni sfery, wybiera się średni równoleżnik danej miejscowości oraz średnio położony południk. Odcinek linji stycznej od punktu styczności, mieszczącego się na wybranym równoleżniku, do punktu przecięcia



rys. XXIV.

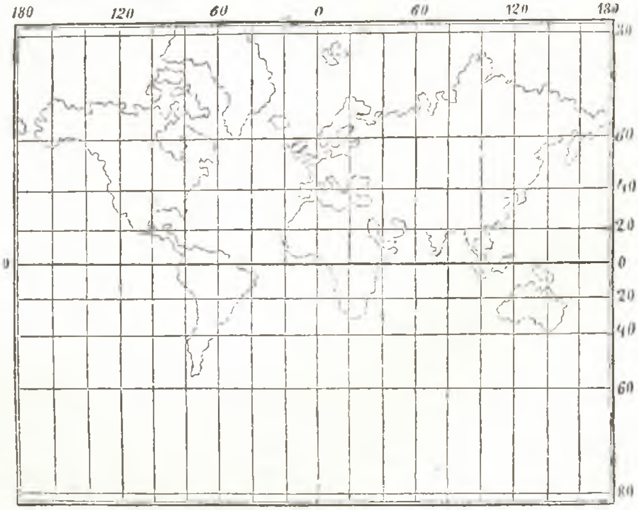
z przedłużoną osią sfery służy jako promień *op*, którym z dowolnego punktu *o* kreślimy łuk *af*, wyobrażający równoleżnik (rys. XXIV). Odpowiednio ilości stopni odmierzamy na linji *op* kilka innych punktów sfery *m*, *n*, ... i prowadzimy przez te punkta równoleżniki, kreśląc je z tego samego środka *o*. Następnie wybieramy na równoleżnikach sfery kilka punktów na jednym i tym samym południku i odmierzone długości łuków cyrklem przenosimy jako odcinki *pa*, *mb*, *nc*, ... Połączywszy punkty *a*, *b*, *c* otrzymamy wyobrażenie południka na mapie. Postępując podobnie dalej, nakreślimy żądaną siatkę, na której należy wykreślić obraz powierzchni tej części sfery, którą sobie obraliśmy za cel. Ażeby objaśnić kreślenie map w rzucie ***Merkatora***, wyobraźmy sobie, że około kuli, której promień *R*, opisany jest walec *DCEF* (rys. XXV). Powierzchnia boczna takiego walca równa się całkowitej powierzchni kuli. Jeżeli przez oś *BG* poprowadzimy p o ł u d n i k i w odstępach 10° stopni równikowych i w kierunku nakreślonych południków poprzecinamy całą powierzchnię sfery na 36 równych pasków, zwężających się w miarę przybliżania ku biegunom *B* i *G*, to będziemy mogli wszystkie paski rozprostować i ułożyć na bocznej powierzchni walca.



rys. XXV.

Gdy podobnie podzielimy boczną powierzchnię walca na 36 równych pasków przy pomocy linij równoległych do tworzącej *DC*, to zauważymy, że powierzchnia każdego paska walca równa się powierzchni każdego paska kuli. Niemniej jednak skutkiem stopniowego zwężania paski kuli nie zmieszczą się na paskach walca. W rzeczy samej, widoczna, że gdybyśmy zechcieli nagiąć linję *AC* na łuk *AB*, mający 90°, to zauważymy, iż $AC = R$ może pokryć tylko 57°, licząc od punktu *A*. Z tego wynika, że pasek kuli wychyli się poza punkt *C* o wielkość tej części łuku *AB*, która będzie tworzyć pozostałe 33°, niezakryte przez *AC*. Jeżeli na powierzchni kuli mieliśmy narysowany obraz wszystkich lądów i mórz, to po rozcięciu sfery na paski i ułożeniu ich na powierzchni bocznej walca spostrzeżemy, że nietylko każdy pasek wystąpi o 33° ponad punkt *C* oraz o 33° poniżej punktu *D*, ale oprócz tego linje brzegowe tych lądów, które są bliżej biegunów porozrywają się na części skutkiem zwężania się pasków. Ażeby

mieć znowu linje brzegowe bez przerw będziemy musieli powypełniać puste kawałki na powierzchni walca dalszym ciągiem tych samych linij. Wynikiem tego będzie, że linje brzegowe tych lądów, które są umieszczone bliżej biegunów, wypadną dłuższe od rzeczywistych, a więc obraz tych lądów wypadnie skażony skutkiem rozciągnięcia. Z objaśnienia, powyżej wyłożonego, jasnym jest sposób przygotowania siatki dla rzutu merkatorskiego (rys. XXVI). Tworzące walca będą nam oznaczały kierunki południków, jako linje równoległe, idące w równych odstępach jedna od drugiej; po środku jedna linja poprzeczna *oo* oznaczać będzie równik. Równoleżniki w pobliżu równika idą w równych odstępach, lecz



rys. XXVI.

dalej z powodu, iż paski kuli były dłuższe od pasków walca, będą szły w odstępach coraz większych w miarę zbliżania się ku biegunom. Mapy Merkatora oddają wielkie usługi w podróżach morskich. Jeżeli wyjeżdżamy z jednej przystani lądu do jakiegokolwiek oznaczonego punktu, to musimy skierować okręt tak, ażeby tworzył pewien kąt z południkiem. W miarę posuwania się okrętu ten kąt będzie ulegał zmianom skutkiem tego, że linje południków są krzywe; tymczasem na mapie merkatorskiej kąt, raz wyznaczony na początku podróży, nie może ulegać zmianie z powodu równoległości wszystkich południków nakreślonych na mapie. Tym sposobem okręt podąża do celu po jednej i tej samej wytycznej linji.

§ 21a. Warunki dokładności spostrzeżeń. Mówiliśmy wyżej o wszelkich poprawkach astronomicznych, które musimy uwzględniać przy wyznaczaniu położeń ciał niebieskich. Teraz uważamy za konieczne zwrócić jeszcze uwagę na błędy obserwacji, powstające z niezupełnej dokładności narzędzi astronomicznych. Ażeby spostrzeżenia posiadały zupełną ścisłość naukową potrzebne są: 1) wielka sprawność oka, którą nabywa się tylko przez częste ćwiczenia. 2) najzupełniejsza prawidłowość wszystkich narzędzi.

Zegar astronomiczny powinien być wielokrotnie sprawdzony. W tym celu spostrzegacz, zaopatrzywszy się w roczniki astronomiczne *), wyznacza *wznoszenia proste* dobrze znanych gwiazd i porównywa otrzymane liczby z temi, które odczytuje w rocznikach. Luneta południkowa, jako też i teodolit powinny czynić zadość warunkom:

1) Oś, na której obraca się luneta, musi być jak najściślej *pozioma*. W tym celu dla sprawdzenia używa się kilka libelli w najrozmaitszych położeniach części składowych tak przed obserwacją, jako też zaraz po obserwacji.

2) Oś optyczna lunety powinna być ściśle prostopadła do osi poziomej. Dla sprawdzenia tego warunku używa się *objektyw kolimator* oraz *celownik*.

Objektyw kolimator jest to dość duża soczewka o bardzo długiem ognisku, umieszczona w oprawie metalowej. Objektyw ten ustawia się na przedłużeniu osi optycznej w odległości 2 metrów od lunety.

Celownik jest to tafelka metalowa z otworem kołowym, w którym pod kątem prostym przecinają się dwa prążki. Taki celownik umieszcza się na odległości od 50 do 200 metrów od spostrzegacza i przez lunetę, w połączeniu z objektywem kolimatorem, kieruje się wzrok na skrzyżowane prążki celownika oraz odczytuje się kreskę na podziałce limba. Następnie, wyjąwszy lunetę z jej oprawy, przekłada się ją przeciwnymi końcami i, odwróciwszy znowu, jak należy, kieruje się oś wzrokową na ten sam celownik. Tym sposobem najmniejszy błąd w położeniu osi optycznej ujawni się na podziałkach limba.

3) Ruchoma nitka mikrometru lunety powinna pozostawać zawsze w położeniu ściśle pionowem. Do sprawdzenia tego służy ten sam celownik, jaki był wzmiankowany wyżej.

---

*) Polecić można: 1) *„Annuaire"* publié par le Bureau des Longitudes: cena $1\frac{1}{2}$ fr. 2) *Connaissance des temps*: cena 4 fr.

4) Płaszczyzna, którą tworzy w swych ruchach luneta południkowa powinna być płaszczyzną południka. Dla sprawdzenia tego spostrzega się przejścia przez południk kilku dobrze znanych gwiazd. Najmniejszy błąd w ustawieniu lunety powinien ujawnić dobrze sprawdzony zegar.

5) Pozioma oś, na której obraca się luneta, powinna mieć kierunek od Wschodu na Zachód. Gdy to nie jest spełnione powstaje *błąd w azimutach*. Błąd ten wskaże nitka mikrometru lunety, jeżeli oś optyczną skierujemy na wyżej opisany celownik.

6) Błąd osobisty powinien być przez spostrzegacza dobrze poznany. Błąd ten jest natury psychologicznej i polega na tem, że chwile czasu nie każdy spostrzegacz ocenia jednakowo i przytem rozmaicie w różnych okolicznościach zewnętrznych.

Dla uniknięcia wszystkich wymienionych wyżej błędów baczny obserwator powinien przez pewien czas przygotować się należycie, obliczając sam czy to położenia geograficzne dobrze znanych pod tym względem miejsc, czy też robiąc spostrzeżenia nad gwiazdami najlepiej znanemi.

IV. O RUCHACH ZIEMI.

§ 22. **Ruch ziemi na około osi.** Widzieliśmy, iż całe sklepienie nieba odbywa ruch dzienny około osi świata w kierunku od wschodu ku zachodowi. Nie możemy jednak przypuszczać, że ten ruch sklepienia jest, ruchem rzeczywistym. W rzeczy samej, niepodobna mniemać, że wszystkie gwiazdy są od ziemi na jednej i tej samej odległości, chociażby z tej przyczyny, że blask gwiazd nie jest jednakowy. Jedne bliższe ku nam wydają się jaskrawo świecącemi, podczas gdy inne dalsze świecą słabiej. Jeżeli więc zgodzimy się na to, że gwiazdy nie są na jednakowych odległościach względem nas, to jakim sposobem wytłomaczyć sobie tak zgodny ruch wszystkich ciał wszechświata, że w ruchu dziennym żadna z gwiazd nie opóźnia się, żadna nie wyprzedza innych. Jak wielką powinnaby być prędkość tych ciał i jak mogłyby być między sobą dobrane prędkości gwiazd, jeżeli mimo ich niezmiernej odległości od ziemi wszystkie jednakowo, w jednym i tym

samym czasie 24 godzin, odbywają całkowity obrót około ziemi. Ani wyobrazić sobie tych ruchów nie możemy, ani niepodobna nawet pogodzić tych zjawisk z znanemi nam prawami mechaniki. Wszystkie tak bardzo złożone zjawiska mniemanych ruchów gwiazd upraszczają się niezmiernie, jeżeli przypuścimy, że widziany ruch skłepienia jest ruchem pozornym, wynikającym z odwrotnego ruchu ziemi około osi w kierunku od zachodu ku wschodowi.

Wszystko to, co powiedziano wyżej, naprowadziło wielkiego astronoma Mikołaja Kopernika na odkrycie prawdziwych przyczyn ruchu dziennego gwiazd. Mikołaj Kopernik urodził się 19 Lutego 1473 roku w Toruniu, za panowania króla polskiego Kazimierza Jagiellończyka. Ojciec Mikołaja był rodem z Krakowa i przesiedlił się do Torunia w celach handlu zbożem, tutaj poślubił córkę zamożnych mieszczan toruńskich, nazwiskiem Watzelrode. Tak więc dwa narody polski pospołu z niemieckim wydały wielkiego genjusza wiedzy astronomicznej. Mieszczanie Watzelrode należeli do tych rodzin niemieckich, które szczerze były przywiązane do kraju polskiego. Dowodów mamy na to wiele. Ksiądz Watzelrode, rodzony wuj Mikołaja, wziąwszy na wychowanie siostrzeńca swego po śmierci rodziców, wysłał go na nauki do akademii krakowskiej, gdzie Kopernik kształcił się przez lat kilka pod kierunkiem doświadczonego astronoma i matematyka profesora Brudzewskiego, a następnie wysłany był do Włoch do miasta Padwy. W roku 1506 widzimy Kopernika wraz z wujem Watzelrode na koronacyi króla Zygmunta I w Krakowie. Gdy Watzelrode został wkrótce biskupem Warmii, używał wszystkich swych wpływów i usilnie doradzał królowi polskiemu, ażeby wysiedlił z ziem polskich zakon Teutoński. Chciał przeznaczyć krzyżaków do walki z Turkami. Przerażony tem wielki mistrz Zakonu wysłał co prędzej skargę do Papieża na biskupa Watzelrode, nazywając go krzywdzicielem Zakonu, i tym sposobem zniweczył mądre, patrjotyczne plany biskupa.

Od roku 1507 Kopernik zaczął pilnie pracować nad ułożeniem nowej teorji układu planetarnego i gdy w 1510 r. za poparciem swego wuja otrzymał kanonię w Frauenburgu, od tej chwili niepodzielnie w ciszy ustronia poświęcił się astronomii na przeciąg lat 33. W tym czasie ułożył rękopis swego wiekopomnego dzieła: „*De revolutionibus orbium coelestium*". W przedmowie pracy Kopernik mówi: „*rozpowszechnione mniemanie o wiecznym spokoju ziemi jest niedorzecznym przesądem*" (*absurdum acroama*). Te słowa świadczą, jak głębokiem było przekonanie Kopernika o prawdzie helio-

centrycznego układu, jakkolwiek dowodów tego jeszcze wówczas nie było. Dalej Kopernik wzmiankuje, że w starożytności wiedziano o tem, że słońce jest w środku układu planetarnego, i powołuje się na filozofię Pythagarasa, na dzieła Plutarcha, na listy Lyzidesa, które ten pisał do Hipparcha i t. p. Bezwątpienia, Kopernik w czasie studjów w Krakowie i Padwie poznał dobrze wszystkie dzieła starożytne i te dzieła, niezawodnie, musiały podsunąć pierwszą myśl. Odtąd myśl ta nie opuszczała młodego uczonego i utrwaliła się jeszcze silniej, gdy Kopernik w Rzymie ujrzał całkowite zaćmienie słońca. To wspaniałe zjawisko przyrody wywarło głębokie wrażenie na młodocianym umyśle i skierowało wszystkie jego marzenia ku astronomji. Wybrane jednostki współczesnej epoki, jak naprzykład kardynał Schönberg, biskup Tidemann Gisius, prof. Schoner w Norymberdze oraz inni, wiedzieli o nowej nauce Kopernika; niektórzy posiadali nawet w odpisach urywki z teoryi heliocentrycznej. W celu zaznajomienia się z całą teorją wyjechał z Norymbergii młody profesor Jerzy Joachim Reticus i przybył do Frauenburga. Gdy zaznajomił się dokładnie z nauką, głoszoną przez Kopernika, stał się wielkim jej zwolennikiem. Napisał szczegółowy list do Johanna Schonera i wkrótce w odpowiedzi na to otrzymał prośbę, ażeby przynaglił Kopernika oddać do druku swe dzieło. Wielki astronom ociągał się długo, chciał koniecznie zostawić dzieło w rękopisie dla swych przyjaciół, nakoniec pod wpływem gorącej prośby Retyka zgodził się oddać mu swój rękopis. Po powrocie do Norymbergii Retyk i Schoner do spółki z nakładcą Andrzejem Osiandrem ukończyli druk całego dzieła w r. 1543. Gdy przysłano jedną książkę do Frauenburga, Kopernik był już na łożu śmierci, zdołał zaledwie spojrzeć na druk i zmarł w dniu 24 maja 1543 roku. Jednakże wielkie myśli Kopernika stały się już własnością następnych pokoleń, które z czcią świętą wymawiają imię genialnego naszego astronoma.

Mówiliśmy wyżej, że, gdyby przypuścić rzeczywisty ruch sklepienia niebieskiego, wówczas prędkości gwiazd byłyby niezmiernie wielkie. Jeżeli zaś przyjąć, że ruch sklepienia jest pozornym, w kierunku wstecznym odnośnie do prawdziwego ruchu ziemi około osi, od *W* ku *O*, to obrót ziemi odbywać się będzie z prędkością względnie nie wielką. W rzeczy samej, całkowity obrót o 360° wypada w ciągu 24 godzin, tedy na jedną godzinę będzie $\frac{360^0}{24} = 15^0$. Ponieważ długość jednego stopnia na równi-

ku jest $110^1/_2$ kilometrów, skutkiem tego prędkość obrotu na równiku jest $110,5 \times 15 = 1657,5$ km. na godzinę, a więc na jedną sekundę prędkość równa się 460,4 metr. Prędkość punktów na równoleżnikach wypadnie mniejszą. Istotnie, objaśniono w § 18, że na równoleżniku, którego szerokość geogr. φ, wielkość jednego stopnia wypada 110,5 cos φ, ztąd prędkość w każdą sekundę będzie 460,5 cos φ metrów. Te prędkości są znacznie mniejsze od prędkości kuli działowej, tak naprzykład pod 45° szer. g. wypada 324,5 metr. na sekundę.

§ 23. **Pojęcia zasadnicze o ruchach.** Ruch jednostajny *prostolinjowy* bywa wtedy, jeżeli siła przestaje działać i ciało porusza się tylko skutkiem bezwładności. Jeżeli ciało w ciągu każdej sekundy czasu przechodzi v metrów, to droga s przebyta w t sekund będzie $s = vt$. Ruch jednostajny *krzywolinjowy* może być tylko pod wpływem jakiejbądź siły stale działającej. Wzór drogi przebytej pozostanie w tym przypadku taki sam, jak w ruchu prostolinjowym, lecz dla zrozumienia wszystkich praw ruchu krzywolinjowego koniecznem jest jeszcze danie pojęcia o *przyśpieszeniu*. Przyśpieszeniem nazywamy przyrost lub ubyt prędkości w każdą jednostkę czasu i jeżeli ten przyrost jest stałym to ruch nazywa się *jednostajnie przyśpieszonym*. Niechaj prędkość początkowa będzie b, a przyśpieszenie f, wówczas w pierwszą sekundę prędkość równa się $b + f$, w drugą $b + 2f$ i t. d. w ostatnią sekundę prędkość $b + tf$. Cały ten ruch przyśpieszony może być zrównoważonym ruchem jednostajnym, którego prędkość jest średnią wszystkich poszczególnych prędkości, a więc będzie równą

$$\frac{b + b + ft}{2} = b + {}^1/_2\, ft.$$

Stąd wypada, że, mnożąc ostatnią pośrednią wielkość prędkości przez czas t, otrzymamy drogę przebytą przez ciało w ruchu jednostajnie przyśpieszonym, jako

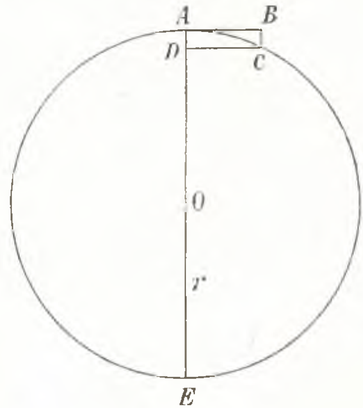
$$S = (b + {}^1/_2\, ft)\, t = bt + {}^1/_2\, ft^2.$$

Jeżeli początkowa prędkość $b = o$, w tym przypadku powyższy wzór upraszcza się

$$s = {}^1/_2\, ft^2.$$

Rozważmy teraz jednostajny ruch odśrodkowy, który powstaje, gdy punkt A obraca się po okręgu koła, opisanego z środka O

promieniem $AO = r$. W chwili t skutkiem bezwładności punkt A przeszedłby drogę AB, styczną do okręgu koła (rys. XXVII); pod wpływem stale działającej siły następuje ściągnięcie ciała z drogi prostolinjowej z punktu B do C. Tedy droga przebyta pod wpływem działającej siły będzie $BC = AD$, jest ona, jak widzieliśmy wyżej, równą $\frac{1}{2} ft^2$. Przy jednoczesnem działaniu siły oraz bezwładności ciała, rzeczywisty ruch odbywać się będzie wzdłuż cięciwy AC, która będzie równą łukowi AC, jeżeli tylko przyjmiemy, że wielkość chwili jest bardzo małą. Stosując teraz znane twierdzenie geometrji, że cięciwa jest średnio proporcjonalną między całą średnicą oraz przylegającym odcinkiem i wiedząc, że droga $AC = vt$, otrzymujemy $AC^2 = AE . AD$ czyli $v^2 t^2 = \frac{1}{2} ft^2 . 2r$, skąd wypada



rys. XXVII.

$$f = \frac{v^2}{r}.$$

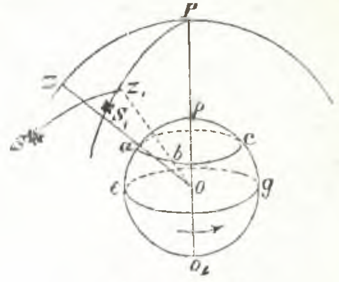
Jest to wielkość przyśpieszenia f w ruchu kołowym i, jak widzimy, *równa się kwadratowi prędkości v, podzielonemu przez promień koła.*

Ten ostatni wzór stosować się będzie dokładnie do tych wszystkich ciał niebieskich, których drogi są zbliżone do kół.

§ 24. **Wpływ dziennego ruchu ziemi na zjawiska astronomiczne oraz fizyczne.** Skutkiem dziennego ruchu ziemi następują zjawiska: *a*) wsteczny ruch sklepienia, *b*) spłaszczenie ziemi, *c*) zmiana natężeń siły ciężkości, *d*) odchylenie od linji pionowej ciał, spadających z znacznej wysokości, *e*) zmiany płaszczyzny wahań, *f*) stałe wiatry w okolicach podrównikowych i nakoniec *g*) aberacja światła. Wszystkie te zjawiska razem stanowią niezaprzeczony dowód istnienia ruchu; wyjaśnimy każde z nich poszczególe.

a) *Wsteczny ruch sklepienia.* Wybierzmy chwilę, gdy punkt *a* ma położenie wskazane na rysunku (rys. XXVIII). Przedłużając promień ziemi *oa* do przecięcia z sklepieniem nieba, otrzymamy zenit *Z* oraz południk nieba *PZ*, na którym spostrzegamy gwiazdę *S*. Gdy punkt *a*, uczestnicząc w obrotowym ruchu ziemi,

przejdzie na wschód do punktu *b*, zenit będzie Z_1; gwiazda *S*, która była na południku w pierwszem położeniu, oddali się od południka ku zachodowi o łuk $Z'S$, tymczasem inna gwiazda S_1, znajdująca się na wschodzie względem pierwszego położenia *a*, wejdzie na południk w położeniu *b*. Jasnem jest z tego, że całe sklepienie będzie odbywało pozornie ruch wsteczny odnośnie do obrotu ziemi, jako skutek tego, iż spostrzegacz, uczestnicząc w obrocie dokoła osi, nie odczuwa swego własnego ruchu.



rys. XXVIII.

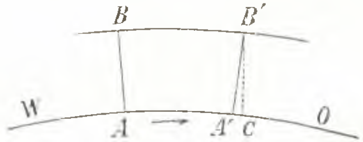
b) Spłaszczenie ziemi. Bryła ziemska, prawdopodobnie, posiadała pierwotnie kształt kuli. Skutkiem obrotu około osi największa szybkość istnieje na równiku; następnie na równoleżnikach prędkość obrotu maleje w miarę przybliżania się ku biegunom i nakoniec na końcach samej osi równa się zeru. Te przyczyny, trwając niezmiernie długie okresy czasu, musiały wywołać rozciągnięcie tam, gdzie prędkość największa, kosztem spłaszczenia przy biegunach. Cząsteczki wód oceanu pod równikiem utrzymują się na wyniosłości tylko skutkiem ustawicznego obrotu ziemi. Gdyby tego obrotu nie było, wody zmuszone byłyby spłynąć ku biegunom, pozostawiając pasmo lądów dokoła równika.

c) Zmiana natężeń siły ciężkości. Zjawisko to zauważono po raz pierwszy w roku 1672, gdy Richer z polecenia Akademii paryskiej wyjechał do Kajenny w celach pomiarów. Spostrzeżono, że wahadło zmniejsza liczbę wahnień pod równikiem, w ciągu jednostki czasu. Po przeprowadzeniu ścisłych badań okazało się, że wahadło, które pod biegunem ziemi daje 86645 uderzeń w ciągu doby gwiazdowej, wykonywa pod 40° szerokości geogr. tylko 86502 wahnień, a pod równikiem 86400. Stąd dokładnie widzimy, że siła ciężkości na równiku jest najmniejsza. Przyczyna tego faktu leży w obrotach ziemi około osi. W czasie obrotu rozwija się siła odśrodkowa, działająca w kierunku wprost przeciwnym względem siły ciężkości. Mając w pamięci to, co dowiedliśmy w § 23, napiszemy stosunek przyśpieszenia *f* siły odśrodkowej do przyśpieszenia *g* siły ciężkości na biegunach ziemi jako

$$\frac{f}{g} = \frac{v^2}{rg}.$$

Ponieważ wiadomo, że na biegunach $g = 9{,}83$ m., a prędkość na równiku $v = 460{,}4$ m., oraz promień równika $r = 6378{,}2$ km., będziemy tedy mieli z poprzedzającego $\frac{f}{g} = 0{,}00338$. To znaczy, że każde ciało przeniesione z bieguna na równik ziemi traci na wadze 0,00338 części, jeżeli nie uwzględniać kształtu ziemi. Siła ciężkości pod równikiem zmniejszy się jeszcze, jeżeli przyjmiemy pod uwagę większe oddalenie od środka ziemi punktów równika w porównaniu z oddaleniem bieguna.

d) Odchylenie od pionu ciał spadających. Jeżeli na powierzchni ziemi *WO* (rys. XXIX) wyobrazimy sobie wysoką wieżę *AB*, to podstawa *A* w czasie jednej sekundy obrotu opisywać będzie łuk *AA'*, mniejszy w porównaniu z łukiem *BB'*, który opisuje wierzchołek wieży. Stąd i prędkość punktu *A* będzie mniejszą, aniżeli prędkość punktu *B*. Odmierzając *AC*=*BB'*, znajdziemy punkt *C*, w którym upadnie kamień, rzucony swobodnie z wierzchołka wieży *B'*.

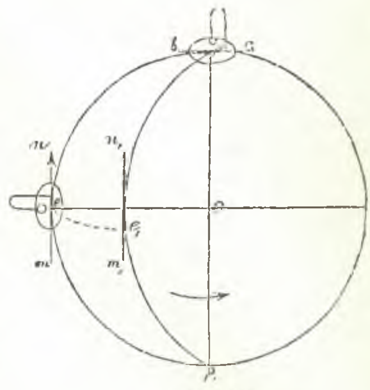


rys. XXIX.

To wszystko, co powiedziano, objaśnia nam, że wiedząc wysokość wieży oraz prędkość obrotu możemy teoretycznie obliczyć, jaką wielkość będzie miało zboczenie od linii pionowej ku wschodowi, gdy z wierzchołka rzucimy swobodnie ciało ciężkie. Spostrzeżenia, jakie robili nad spadkiem ciał w 1802 r. Benzenberg w Hamburgu i w 1832 r. Reich w szybach kopalni w Freibergu najzupełniej potwierdziły teoretyczne wywody. Okazało się w Freibergu, że z wysokości 158½ metr. zboczenie od pionu na wschód wynosiło 28,4 milimetr. Rrzecz jasna, że w ogóle wielkość zboczenia od pionu zależy wyłącznie od dwóch wielkości: 1) od wysokości spadku, 2) od prędkości obrotu. Dowiedliśmy powyżej (§ 22), że prędkości obrotu równoleżników ziemi równają się prędkości punktów na równiku, pomnożonej przez cos φ, gdzie φ oznacza szer. geogr. Skutkiem tego powiedzieć możemy że wielkość zboczeń spadku jest proporcjonalną nie tylko względem wysokości, lecz także i względem *dostawy szerokości geogr.*

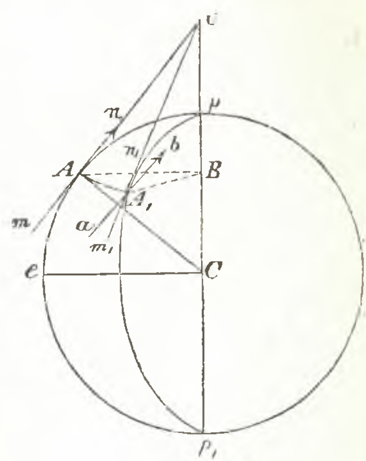
e) Zmiana płaszczyzny wahań. Wiadomem jest, że jeżeli wahadło, składające się z nitki oraz kulki ołowianej, zabarwionej w jednej połowie na czarno, w drugiej na biało, będziemy wahać, trzymając koniec nitki, to zauważymy, iż szybkie kręcenie nitki

wraz z kulką nie zmieni wcale płaszczyzny wahań. To doświadczenie wskazuje, że płaszczyzna wahań nie zmienia się, gdy punkt przyczepienia wykonywa obroty. Zobaczymy, jak to zjawisko fizyczne przebiegać będzie w rozmaitych punktach powierzchni ziemi. Wyobraźmy sobie, że wahadło mieści się na samym biegunie ziemi *p* (rys. XXX) i wykonywa wahania w kierunku półdziennej linii *bc*. Ziemia wykonywa obrót około osi, licząc po 15° na każdą godzinę, w kierunku od zachodu ku wschodowi; skutkiem takiego obrotu w ciągu godziny linja *bc* wykonać musi obrót o 15° ku wschodowi, gdy tymczasem płaszczyzna wahań nie może uledz zmianie. Po upływie dwu godzin linja *bc* obróci się o 30° względem swego pierwotnego położenia i t. d. Nakoniec po 24 godzinach linja *bc* znowu wypadnie zgodnie z płaszczyzną wahań. Ponieważ spostrzegacz nie może widzieć obrotu ziemi, więc dozna wrażenia, że płaszczyzna wahań odstępuje w kierunku przeciwnym ku zachodowi, po 15° na każdą godzinę.



rys. XXX.

Następnie umieścimy wahadło na równiku w punkcie *e* i nadamy kierunek wahnień wzdłuż półdziennej linii *mn*. Ponieważ na równiku wszystkie linje styczne względem południków pozostają zawsze równoległe, więc w czasie obrotu około osi płaszczyzna wahań wypadać będzie zgodnie z linjami *mn*, $m_1 n_1$ i t. d. czyli na równiku nie będzie żadnego odchylenia płaszczyzny wahań. Inaczej będzie na równoleżnikach. Widzimy, (rys. XXXI) że wszystkie linje styczne *mn*, $m_1 n_1$, ... przecinają się wzajemnie w punkcie *O*. Gdy w punkcie *A* nadamy płaszczyźnie wahań położenie *mn*, to gdy punkt *A* w czasie obrotu przejdzie do położenia A_1, wówczas płaszczyzna wahań będzie miała ten sam kierunek, jak poprzednio, czyli będzie wzdłuż linii *ab* // *mn*.



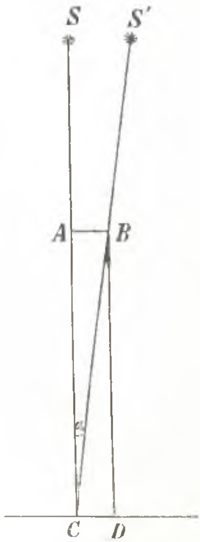
rys. XXXI.

tymczasem w nowem położeniu półdzienna linja będzie $m_1 n_1$. Tak więc da się zauważyć w punkcie A_1 niezgodność płaszczyzny wahań z kierunkiem linji półdziennej. Odchylenie na równoleżnikach będzie mniejsze aniżeli 15° na godzinę, gdyż takie zboczenie wypada tylko na biegunach. Teorję opisanych zjawisk ruchu wahadła po raz pierwszy ułożył Foucault w roku 1850. Doświadczalne sprawdzenie nastąpiło w roku 1852 w panteonie w Paryżu. Do stropu kopuły panteonu przyczepiono wahadło 50 metr. długości, które składało się z drutu stalowego i kuli miedzianej 25 kilogramów wagi. Kula była zaopatrzona u dołu ostrzem i ryła ślady na piasku; ślady te przy każdem wahnieniu zbaczały dokładnie według przewidywań teoretycznego rachunku. Podobne doświadczenia wykonywane były później w wielu innych miastach Europy i stwierdziły obrót ziemi około osi.

f) Stałe wiatry w okolicach podrównikowych. W strefach zwrotnikowych między 25° szerokości północnej i 25° szerokości południowej na oceanach Atlantyckim i Spokojnym wieją stałe wiatry, zwane *passatami*: w półkuli północnej stały kierunek wiatru jest *NO*, a w południowej *SO*. Pochodzenie tych wiatrów objaśnia się w następujący sposób. Ponieważ temperatura pod równikiem jest znacznie wyższa, aniżeli w okolicach podbiegunowych, skutkiem tego powietrze bardzo ogrzane oddala się w górne części atmosfery, natomiast strumień zimnego powietrza płynie od biegugunów ku równikowi. Gdyby ziemia była nieruchoma, to strumienie wiatru płynęłyby w półkuli północnej z północy wprost na południe, a w półkuli południowej wprost na północ. Wiemy jednak, że ziemia obraca się około osi tak, iż największa prędkość obrotu jest na równiku a najmniejsza pod biegunami. Cząsteczki powietrza, które przychodzą z okolic podbiegunowych mają prędkość o wiele mniejszą, aniżeli pod równikiem i skutkiem tego opóźniają się w obrocie około osi ziemskiej, co na jedno wychodzi, jak gdyby wiatr wiejący miał kierunek północno wschodni w półkuli północnej, oraz południowo wschodni w półkuli południowej.

g) Aberacja. Jeżeli człowiek z osłoniętą głową w czasie deszczu, spadającego pionowo, będzie stał na pomoście statku, to żadnej kropli nie poczuje na swej twarzy. Inaczej będzie, gdy nastąpi niepostrzeżenie szybki ruch statku. W czasie tego ruchu krople deszczu będą trafiały w twarz i spostrzegacz, nie czując swych własnych poruszeń, będzie doznawał wrażenia, iż krople deszczu spadają nie pionowo, lecz po linjach ukośnych. Jeżeli

teraz krople deszczu zastąpimy ruchem promieni światła, a ruch statku zamienimy ruchem ziemi, to będziemy mieli zupełnie podobne zjawisko, które nazywa się *aberacją promieni światła.* Linja AC (rys. XXXII) wyobraża prędkość światła w czasie jednej sekundy, linja CD prędkość ziemi. Gdyby ziemia była nieruchomą, wówczas z miejsca C gwiazda byłaby widoczną w punkcie S, gdy zaś dołączy się do ruchu światła jednoczesny ruch ziemi po linii CD, to, wykreślając równoległobok prędkości i przedłużając przekątną BC, ujrzymy gwiazdę w punkcie S', zamiast w S. Następuje więc pozorne uchylenie promieni światła, które nie pozwala nam widzieć rzeczywistego położenia danej gwiazdy. Nazywając kąt rzeczonego uchylenia przez α, znajdujemy z $\triangle$ ABC



rys. XXXII.

$$tg\,\alpha = \frac{AB}{AC} = \frac{d}{s},$$

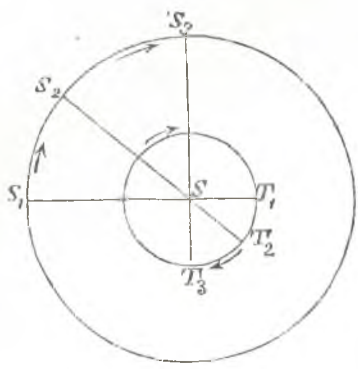
gdzie d jest prędkość ruchu ziemi, a s prędkość światła. Stosując to zjawisko do obrotów ziemi około osi, otrzymamy *aberację dzienną.* Ponieważ prędkość obrotu na równiku wynosi 0,4604 km., a prędkość światła 300000 km. na sekundę, będzie tedy

$$tg\,\alpha = \frac{0{,}4604}{300000},\ \text{skąd wypada}\ \alpha = 0'',27.$$

Dzieląc tę liczbę przez 15'', otrzymujemy jako czas 0,02 sekundy. To znaczy, że przy przejściu danej gwiazdy przez południk miejsca na równiku, następuje pozorne wyprzedzanie zjawiska górowania o 0,02 sekundy, co jest, w rzeczy samej, sprawdzone licznemi spostrzeżeniami. Na równoleżnikach zjawisko aberacji dziennej jest coraz mniejsze. Tak naprzykład pod 45° szerokości geogr. znajdziemy z podobnego, jak wyżej, rachunku $\alpha = 0'',05$. Do zjawisk aberacji wrócimy jeszcze, gdy będzie mowa o rocznym ruchu ziemi.

§ **25. Roczny ruch ziemi dokoła słońca.** Widzieliśmy, że obrót ziemi naokoło osi od Zachodu na Wschód wyjaśnia nam wystarczająco wszystkie zjawiska dziennego ruchu sklepienia w kierunku przeciwnym. Jeżeli jednak spostrzeżenia prowadzić będziemy

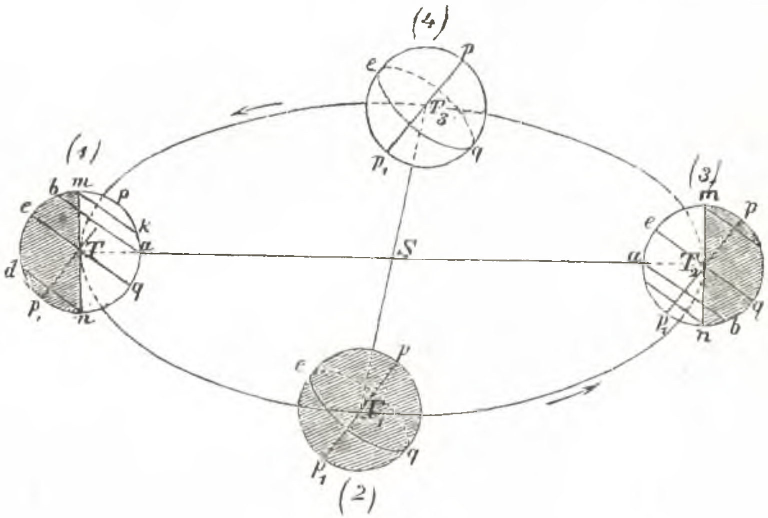
w przeciągu dłuższego czasu, naprzykład przez kilka miesięcy, to zauważymy takie zjawiska, które już żadną miarą nie dają się objaśnić obrotem ziemi około osi. Na pół godziny przed wschodem słońca widzimy pewnego dnia w pobliżu punktu Wschodu kilka gwiazd, które dobrze zapamiętamy. Po upływie kilku tygodni już nie zauważymy na wschodzie tych samych gwiazd, lecz zupełnie inne ukazują się nam przed samym wschodem słońca, poprzednie zaś gwiazdy pójdą wyżej. Ta zmiana gwiazd przed wschodem powtarzać się będzie stale przez cały rok. I znowu, dokładnie po 365 dniach, przebieg gwiazd przed wschodem zdarzy się ten sam, jaki był przed rokiem. Widzimy więc, że słońce zmienia swe położenia pamiędzy gwiazdami od Zachodu na Wschód tak, że na sklepieniu nieba możemy wskazać 12 gwiazdozbiorów, zwanych *zwierzyńcowymi* lub *zodjakalnymi*, poprzez które przebiega słońce na niebie w ciągu roku. Możemy przypuszczać, że opisany ruch jest rzeczywistym ruchem słońca albo też przeciwnie, że ruch, wspomniany wyżej, wynika skutkiem zmian położenia ziemi w przestrzeni. Następujący rysunek objaśni nam, że roczny ruch słońca dostatecznie wytłomaczyć można biegiem ziemi (rys. XXXIII). Niech S wyobraża nam słońce, a punkty $T_1\, T_2\, T_3, \ldots$ położenia ziemi w czasie biegu rocznego. Gdy z punktu T_1 patrzymy na słońce S, to na sklepieniu nieba będziemy mieli obraz tego ciała w S_1; gdy dalej spojrzymy na słońce z punktu T_2, znajdziemy na sklepieniu obraz słońca już w innym punkcie, jako S_2. Spoglądając na słońce z punktu T_3, zauważymy obraz naszej gwiazdy dziennej, jako S_3 i t. d. Jasnem jest z powyższego, że ruchowi ziemi od zachodu na wschód odpowiadać będzie zupełnie w tym samym kierunku bieg słońca po sklepieniu nieba. Prędkość kątowa rzeczywistego ruchu ziemi równie jak i pozornego biegu słońca będzie jedna i ta sama, albowiem $\angle\, T_1 S T_2 = \angle\, S_1 S S_2$, tak samo $\angle\, T_2 S T_3 = \angle\, S_2 S S_3$ i t. p. Ponieważ słońce, jak zobaczymy później, jest ciałem milion razy większem od ziemi, tedy przypuszczenie, że ziemia biegnie dokoła słońca będzie miało za sobą daleko więcej prawdopodobieństwa, aniżeli przeciwne mniemanie że słońce obraca się około ziemi.



rys. XXXIII.

Zobaczymy później, że istnieją jeszcze takie zjawiska astronomiczne, które będą służyły bezpośrednim dowodem rocznego ruchu ziemi, odbywanym w $365^1/_4$ dni.

§ 26. **Pory roku.** Damy teraz objaśnienie pór roku takie, jakie poraz pierwszy dał Kopernik w swem wiekopomnem dziele (str. 11 lib. I), zachowując prawie bez zmian rysunek naszego wielkiego astronoma. Ponieważ oś ziemi, przedłużona do granic sklepienia niebieskiego, daje nam w ciągu całego roku jeden i ten sam punkt, zwany *biegunem świata,* więc, przyjmując roczny bieg ziemi, musimy przypuszczać, że oś przemieszcza się tak, iż zostaje zawsze równoległą do wszystkich swoich wzajemnych położeń



rys. XXXIV.

w przestrzeni. Gdyby wszystkie położenia osi w ciągu roku nie były względem siebie równoległe, natenczas biegun świata corok zmieniałby swoje położenia, czego zupełnie nie dostrzegamy. Z licznych obserwacyj obliczono, że płaszczyzna równika jest nachyloną do płaszczyzny ekliptyki pod kątem 23° 27′, skutkiem tego kąt dopełniający 66° 33′ będzie nachyleniem osi ziemskiej względem tej samej płaszczyzny *ekliptyki*, to jest płaszczyzny, po której odbywa się roczny bieg ziemi. Jeżeli oś pozostaje ciągle równoległą względem swych pierwotnych położeń, to rzut tejże osi na płaszczyznę ekliptyki będzie tworzył w czasie ruchu rozmaite kąty z linją, łączącą środki ziemi oraz słońca. Tę ostatnią

w półkuli południowej nie wychyli się wcale w część oświetloną, a więc tutaj będzie przeciwnie brak dnia, trwać będzie noc zupełna. Odległość $\smile p_1 n = \smile aq = 23^0\,27'$ przedstawia nam kątowe oddalenie równoleżnika *nd* od bieguna. Jest to *południowe koło biegunowe.* Wszystkie punkty położone pomiędzy biegunem południowym, a kołem *dn* również nie będą widziały dnia. W położeniu (1) biegun północny *p* jest zwrócony ku słońcu, zatem cała półkula północna otrzymuje więcej ciepła, aniżeli półkula południowa; jednem słowem opisane położenie ziemi odpowiada porze lata na półkuli północnej i porze zimy na południowej. Wszystkie wzmiankowane wyżej zjawiska otrzymają znaczenie wprost odwrotne, gdy ziemia w biegu swoim przejdzie dalej o 180°, czyli znajdzie się na drugim końcu średnicy w położeniu (3). Tutaj rzut osi ziemskiej znowu przypada na linji promienia wodzącego ST_2, lecz biegun północny jest teraz odchylony od słońca, a biegun południowy zwrócony ku niemu. Słońce przechodzi teraz przez zenit południowego punktu *a* tak, że odległość kątowa od równika $\smile ae = 23^0\,27'$. Równoleżnik *ab*, którego szerokość geogr. południowa $23^0\,27'$, będzie miał słońce w zenicie w czasie południa; przy pozornym ruchu dziennym słońce opisze w tym dniu *zwrotnik koziorożca* czyli zboczenie słońca dla wszystkich miejsc kuli ziemskiej $= 23^0\,27'$ na południe od równika. Tak bywa w czasie *zimowego przesilenia* w dniu 22 Grudnia. Oświetlona część powierzchni od ciemnej oddzieli się płaszczyzną, przechodzącą przez środek T_2, prostopadle do promienia wodzącego ST_2, która na naszym rysunku zaznaczy się linją *mn*. Ponieważ tak $\smile mp$ jak i $\smile np_1 = 23^0\,27'$, więc na takiejto odległości od bieguna będzie jeden równoleżnik w półkuli północnej, na którym nie będzie wcale dnia, lecz noc trwa całą dobę, oraz będzie także jeden równoleżnik na półkuli południowej, którego wszystkie punkta wcale nie będą miały nocy. Tymczasem na równiku w położeniu (3) dzień znowu musi być równy nocy, gdyż koło *mn* przetnie równik na dwie równe części.

Przejdziemy teraz do położeń ziemi (2) i (4), odległych od położeń (1) i (3) o 90°. W obudwu położeniach (2) i (4) rzut osi ziemskiej tworzy z promieniami wodzącymi ST_3 i ST_1 kąt 90°. Tak w (2) jak i w (4) położeniach słońce przechodzi przez zenit miejsc, leżących na samym równiku, skutkiem tego w swym pozornym biegu dziennym słońce opisywać będzie równik czyli zboczenia w położeniach (2) i (4) równają się zerom dla wszystkich miejsc kuli ziemskiej. Tak właśnie bywa w czasie wiosennego oraz jesiennego porównania, 21 Marca i 22 Września. W poło-

linję nazywać będziemy *promieniem wodzącym.* Dajmy (rys. XXXIV), że linja $TT_1T_2T_3$ przedstawia nam perspektywiczny obraz drogi ziemskiej, punkt S wyobraża słońce. Gdy ziemia zajmie położenie (1), wówczas rzut osi pp_1 przypada na samym promieniu wodzącym TS; skutkiem tego $\angle STp = 66^0 33'$, tedy odległość kątową wspomnianego rzutu od równika eq będzie łuk $aq = 23^0 27'$. Widzimy więc, że w położeniu ziemi (1) słońce przejdzie przez sam zenit tylko tych miejsc, których szerokość geograf. północna $= 23^0 27'$. Te punkty na powierzchni ziemi utworzą jeden i ten sam równoleżnik, zwany *zwrotnikiem raka.* Dla miejsc, leżących na samym równiku, odległość kątowa słońca od zenitu będzie $23^0 27'$. Dla wszystkich miejsc kuli ziemskiej w chwili położenia (1) słońce w swym pozornym ruchu dziennym opisze na sklepieniu *zwrotnik raka,* a więc wszędzie zboczenie słońca w tym dniu $= 23^0 27'$. Takie położenie ziemi ma miejsce w dniu *letniego przesilenia* czyli 21 Czerwca każdego roku. Słońce oświeca zawsze tylko połowę kuli ziemskiej. Chcąc oddzielić oświetloną część powierzchni od ciemnej, musimy przeprowadzić płaszczyznę przez środek ziemi, prostopadle względem promienia wodzącego TS. Na naszym rysunku kierunek tej płaszczyzny zaznaczy się linją $mn \perp TS$. Skutkiem wielkiej odległości słońca od ziemi wszystkie promienie słońca, padające na ziemię, możemy przyjmować jako linje wzajemnie rownoległe, więc część powierzchni ziemskiej na prawo od linji mn będzie oświetloną, a na lewo od tejże linji ciemną. Ponieważ płaszczyzna, przechodząca przez mn, da na powierzchni ziemi wielkie koło, które podzieli równik na dwie równe części, tedy na równiku musi być dzień równy nocy. Wszystkie równoleżniki w północnej półkuli, jak naprzykład ba, dzielą się płaszczyzną, przechodzącą przez mn, na dwie nierówne części; tak samo będzie i w półkuli południowej. Jednak w półkuli północnej, jak widzimy, większa część każdego równoleżnika przypadnie w połowie oświetlonej, a mniejsza w połowie ciemnej, i odwrotnie w półkuli południowej. To znaczy, że na równoleżnikach północnych wypada dzień dłuższy aniżeli noc, a na równoleżnikach południowych wypadnie odwrotnie dzień krótszy od nocy. Widzimy jeszcze, że będzie taki równoleżnik północny mk, na którym żaden z punktów nie wchodzi w ciemną część powierzchni czyli nie będzie wcale nocy na tym równoleżniku, którego odległość od bieguna $\smile mp = \smile aq = 23^0 27'$. Jest to *północne koło biegunowe;* wszystkie punkty powierzchni pomiędzy biegunem, a tem kołem biegunowem podobnie nie będą miały nocy. Równoleżnik dn

żeniu (3) widzimy, że półkula południowa będzie silniej ogrzewaną przez promienie słońca, gdy tymczasem półkula północna, skutkiem odchylenia bieguna p od słońca, będzie otrzymywała mało ciepła. Będzie to pora początku zimy w półkuli północnej oraz lata w południowej. W położeniach (2) i (4) płaszczyzna, oddzielająca ciemną część półkuli od oświetlonej, przechodzi przez samą oś pp_1, więc w obudwu położeniach ma miejsce zjawisko równości dnia i nocy, gdyż wszystkie równoleżniki podzielą się wzmiankowaną graniczną płaszczyzną na połowy. Jestto początek wiosny i następnie początek jesieni, zaznaczające się porównaniami dnia z nocą. Z tego wszystkiego widocznem jest, że na równiku ziemi wiecznie trwa porównanie dnia z nocą. Na równoleżnikach bywają latem dnie coraz dłuższe, a zimą coraz krótsze. Na kołach biegunowych lato rozpoczyna się dniem, trwającym całą dobę a zima nocą, trwającą również całą dobę. Na samych biegunach ziemi tak noc jak i dzień ciągną się po pół roku. Chwila południa zaznacza się w każdym miejscu wstąpieniem słońca na południk, chwila ta musi być jedna i ta sama dla wszystkich punktów, położonych na tym samym południku ziemskim; lecz z tego nie można jeszcze wnioskować, że tak wschód jak i zachód słońca wypadnie w jednakowych chwilach na całym południku ziemskim. Widzieliśmy, że na równiku słońce wschodzi zawsze o 6-ej godz. rano i zachodzi o 6-ej wieczorem, tymczasem w dniu 29 Czerwca słońce wschodzi w Konstantynopolu (41° szer. geogr.) o godz. $4^h\,29^m$, w Paryżu (48° 50′ 11″ szer geogr.) o godz. $3^h\,58^m$, a w Warszawie (52° 13′ 6″ szer. geogr.) o godz. $3^h\,42^m$; pod tą datą długość dnia w Konstantynopolu równa się $14^h\,54^m$, w Paryżu $16^h\,6^m$, a w Warszawie $16^h\,48^m$. Opisaliśmy powyżej najznamienniejsze objawy wszelkich zmian, zachodzących w różnych porach roku i będących w ścisłej zależności od położenia ziemi względem słońca. Wyłożone zmiany pozwolą nam teraz zrozumieć podział powierzchni ziemskiej na strefy klimatyczne. Pomiędzy zwrotnikiem raka oraz zwrotnikiem koziorożca ciągnie się taka strefa, w której słońce bywa niekiedy w samym zenicie; wówczas promienie słońca padają na ziemię prostopadle, ogrzewanie jest najsilniejsze, zimna nie bywa. Jestto *strefa gorąca*, rozpościerająca się po obie strony równika na 23° 27′ ku północy oraz 23° 27′ ku południowi i zajmująca 0,4 części pow. ziem. Po za tymi krańcami strefy gorącej słońce nigdy nie może być w samym zenicie, tutaj ciągną się dwie *strefy umiarkowane: północna* od zwrotnika raka do północnego koła biegunowego i *połu-*

dniowa od zwrotnika koziorożca do południowego koła biegunowego, każda po 0,26 części pow. ziem. Pomiędzy biegunami oraz kołami biegunowemi leżą dwie *strefy zimne*, każda po 0,04 części pow. ziem.; tutaj bywają całe doby bez widoku słońca, a na samych biegunach — półroczne zimy, sprzyjające nagromadzaniu się lodów w wielkich ilościach. Takim sposobem widzimy, że podział stref jak najściślej zależy od nachylenia równika względem płaszczyzny ekliptyki i gdyby równik wypadał w samej płaszczyźnie ekliptyki, wówczas na całej kuli ziemskiej byłoby wieczne porównanie dnia z nocą. Słońce byłoby ciągle w zenicie dla miejsc, położonych na równiku i widziane byłoby zawsze na linjach widnokręgu pod biegunami. Zmian żadnych nie byłoby. Ziemia obciążoną by była lodami conajmniej do 45° szerokości, a pod równikiem panowałby ciągle żar. Nie byłoby tak dobroczynnych, tak korzystnych dla życia ziemskiego zmian pór roku, ani tak łagodnych przejść od jednej strefy klimatycznej do drugiej. Życie, które tak różnorodnie objawia się dzisiaj, musiałoby w znacznej mierze zamrzeć, a może nawet i zupełnie zmuszone byłoby zniknąć z powierzchni ziemi.

§ **27. Kształt drogi ziemskiej.** Poznanie biegu ziemi byłoby niedokładnem, gdybyśmy nie wyznaczyli bliżej kształtu tej linji, po której ziemia dąży w swym ruchu rocznym. Kopernik przypuścił, że linja drogi ziemskiej jest kołem. Wielki astronom w kole widział najidealniejszą linję krzywą, rozumiał, że harmonja i doskonałość budowy wszechświata wymaga takiego właśnie kształtu drogi ziemskiej. Przypuszczając, że droga ziemi jak i innych planet jest kołem, Kopernik zauważył jednak, że tym sposobem rachunek nie zawsze zgadza się z rzeczywistemi położeniami ziemi; skutkiem tego dla objaśnienia nierówności wytworzył jeszcze dodatkowe epicykle na okręgu głównego koła. Były to błędy, które dopiero później wytłomaczył Kepler.

Jeżeli będziemy spostrzegali w krótkich przerwach czasu chwile przejścia całej tarczy słońca przez południk danego miejsca, to zauważymy, że czas ten nie jest jednakowym. Naprzód notujemy chwilę, kiedy jeden brzeg tarczy dotknie naszego południka, a następnie, kiedy przeciwny kraniec tejże tarczy znajdzie się na południku i, odejmując otrzymane liczby, znajdziemy czas przejścia całej tarczy:

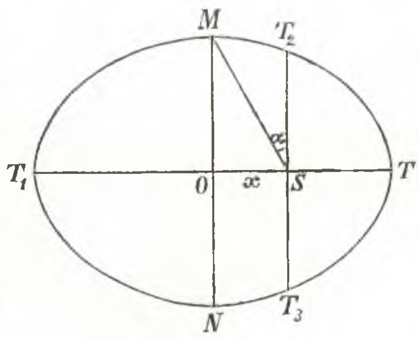
20 Grudnia	. . . . . .	2^m $10^s,4$
1 Stycznia	. . . . . .	2^m $10^s,3$
21 Stycznia	. . . . . .	2^m $10^s,2$

10 Lutego	2^m $9^s,9$	
22 Marca	2^m $8^s,3$	
21 Czerwca	2^m $6^s,8$	i t. d.

Wiemy, że, mnożąc liczbę minut czasu przez 15, otrzymamy minuty łuku, a liczba sekund, pomnożona przez 15, da nam liczbę sekund łuku. Tym sposobem otrzymamy wielkości pozornych zmian tarczy słońca, jako:

20 Grudnia	32′ 35″,8	
1 Stycznia	32′ 34″,5	
21 Stycznia	32′ 33″	
10 Lutego	32′ 28″	
22 Marca	32′ 4″,5	
21 Czerwca	31′ 31″,6	i t. d.

Widzimy, że rozmiary tarczy ulegają ciągłym drobnym zmianom. Te zmiany powtarzają się jaknajprawidłowiej z roku na rok. Ponieważ nie ma żadnego powodu przypuszczać, że słońce corok tak miarowo z dnia na dzień to rośnie to znowu maleje, zmuszeni jesteśmy zrobić przypuszczenie, że ziemia w czasie obiegu zmienia swe odległości od słońca. Gdy patrzymy na słońce z większego oddalenia, tarcza wydaje się trochę mniejszą i przeciwnie, gdy się zbliżymy ku słońcu, dostrzegamy pozorne zwiększenie tarczy. Żadną miarą niemożna byłoby pogodzić wyżej przytoczonych wyników bezpośrednich spostrzeżeń z tem przypuszczeniem, że ziemia biegnie po kole, lecz słońce nie znajduje się w samym środku tego koła. Sprobujmy, czy wyniki spostrzeżeń nie zgodzą się z rachunkiem, gdy przyjmiemy, że ziemia dąży po drodze eliptycznej, a w jednem z ognisk tej elipsy mieści sią słońce. Elipsa TNT_1T_2 (rys. XXXV) przedstawia nam drogę ziemi, S położenie słońca. Nazwijmy odległość najbliższą $ST = l$, a odległość środka elipsy O od ogniska oznaczmy przez $x = SO$.

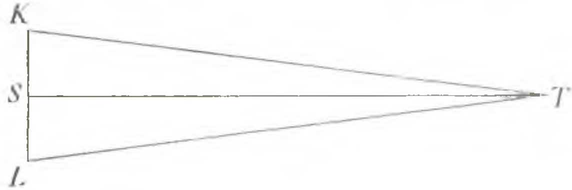


rys. XXXV.

Niech $KL = d$ (rys. XXXVI) wyobraża nam prawdziwą średnicę słońca, $ST = l$ odległość w dniu 22 Grudnia, $\angle KTL$ jest kątem,

pod którym w tym dniu widzimy średnicę słońca, oznaczmy go przez β. Z △ KST znajdujemy

$$ST = KS \text{ cotg } KTS \text{ czyli } l = \frac{d}{2} \text{ cotg } \frac{\beta}{2}.$$



rys. XXXVI.

Gdy podobny trójkąt nakreślimy odpowiednio do położenia ziemi T_1 (rys. XXXV), co ma miejsce w dniu 21 Czerwca, i oznaczymy odległość $ST_1 = l'$ i kąt, pod którym w tym dniu widzimy tarczę słońca, przez β', będzie podobnie

$$l' = \frac{d}{2} \text{ cotg } \frac{\beta'}{2}.$$

Dzieląc tak otrzymane dwa równania, znajdujemy

(s) $$\frac{l'}{l} = \frac{\text{cotg } \frac{\beta'}{2}}{\text{cotg } \frac{\beta}{2}} = \frac{tg \frac{\beta}{2}}{tg \frac{\beta'}{2}}.$$

Widzieliśmy jednak powyżej, że

$$\beta = 32' 36'', \quad \beta' = 31' 31'',6, \quad l' = l + 2x,$$

tedy po dokonaniu łatwych obliczeń przy pomocy logarytmów znajdziemy

$$\frac{l + 2x}{l} = 1{,}0338\ldots.$$

Taki jest stosunek największej odległości słońca od ziemi do odległości najmniejszej. Stąd mamy

$$l + 2x = 1{,}0338\, l,$$

a więc będzie

$$l\,(1{,}0338 - 1) = 2x$$

czyli

$$x = 0{,}0169\, l.$$

Możemy teraz obliczyć *mimośród e* drogi ziemskiej

$$e = \frac{x}{l + x} = \frac{0{,}0169\, l}{1{,}0169\, l} = 0{,}0167\ldots$$

Mała wielkość mimośrodu wskazuje nam, że droga ziemi jest zbliżoną znacznie do postaci koła. Znaleźliśmy w § 14 mimośród jako

$$e = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}},$$

gdzie a oznacza połowę wielkiej osi elipsy, a b połowę małej osi. Przy pomocy tego ostatniego równania obliczymy bardzo łatwo stosunek

(p) $$\frac{a^2}{b^2} = \frac{1}{1 - e^2} = 1{,}0003.$$

Możemy teraz obliczyć wielkość pozornej tarczy słońca w dniu 21 Marca i 22 Września, kiedy ziemia, jak wiemy, zajmuje położenia T_2, T_3 na końcach parametru $T_2 T_3$. Widzieliśmy w § 14, że parametr $T_2 T_3 = \frac{2 b^2}{a}$, stąd odległość $T_2 S$ wyrazi się jako $\frac{b^2}{a}$. Przyjmując, że w równaniu (s) l' oznacza tę ostatnią odległość a β' oznacza pozorną średnicę tarczy w dniu porównań dnia z nocą, i pamiętając, że z określenia mimośrodu wynika $x = ae$, a z rysunku $l = a - x$, będziemy mieli z równania (s)

$$tg\, \frac{\beta'}{2} = \frac{(a - ae)a}{b^2}\, tg\, \frac{\beta}{2}$$

czyli

$$tg\, \frac{\beta'}{2} = \frac{a^2}{b^2}(1 - e)\, tg\, \frac{\beta}{2}.$$

Mając na uwadze wartość stosunku $\frac{a^2}{b^2}$ jako (p), wartość mimośrodu e, oraz $\beta = 32' 36''$, znajdziemy

$$tg\, \frac{\beta'}{2} = \frac{1}{1 + e}\, tg\, \frac{\beta}{2},$$

skąd wypada $$\beta' = 32' 4''.$$

Liczba ta jest zupełnie zgodną ze spostrzeżeniem nad wymiarami tarczy słońca w dniach wiosennego i jesiennego porównań. W trzy

dni po po porównaniu wiosennem t. j. dnia 23 Marca ziemia przechodzi przez punkt M; wówczas, jak wiemy z własności elipsy, odległość $SM = a$. Przyjmując tę ostatnią wartość zamiast l' w równaniu (s), znajdziemy na wspomniany wyżej dzień

$$tg\,\frac{\beta''}{2} = \frac{(a - ae)}{a}\,tg\,\frac{\beta}{2} = (1 - e)\,tg\,\frac{\beta}{2},$$

skąd będzie pozorna średnica tarczy słońca w dniu 23 Marca $\beta'' = 32'\,3'',6$, liczba zgodna z bezpośredniem spostrzeżeniem w tym dniu. Można podobnie obliczyć wymiary tarczy na każdy dzień roku naprzód i zauważyć najzupełniejszą zgodność rachunku z rzeczywistością. Taką drogą uzyskujemy niewzruszony dowód tego, że droga, po której dąży ziemia, jest *elipsa*.

§ **28. Nierówność pór roku.** Gdyby słońce było w środku elipsy O (rys. XXXV), natenczas początek wiosny oraz jesieni wypadałyby odpowiednio w punktach M i N. Punkty T, T_1, M, N dzieliłyby obwód elipsy na 4 równe części, skutkiem tego każda pora roku trwałaby $\frac{365,2}{4}$ dni, czyli po 91,3 dni. Jednakże słońce znajduje się nie w środku O, lecz w ognisku elipsy S, zatem początki wiosny i jesieni wypadają w T_2 i T_3 i podział pór roku staje się nierównym. Różnicę możemy obliczyć następującym sposobem: Przyjmując T_2M za bok prostokątnego trójkąta T_2MS, którego $\angle\, T_2SM = \alpha$, otrzymujemy

$$T_2S = MS\,\cos\,\alpha,\ \text{czyli}\ \frac{b^2}{a} = a\,\cos\,\alpha,$$

stąd mamy
$$\cos\alpha = \frac{b^2}{a^2} = 1 - e^2,$$

$$\alpha = 1^\circ\,24'\,20''. = 5060''.$$

Ażeby tę liczbę zamienić na czas odpowiednio do obiegu rocznego, wykonujemy działania oczywiste

$$t = 5060 : \frac{360.60.60}{365,2} = 1,42\ \text{dni}.$$

Wypada z tego, że u nas wiosna i lato trwają po

$$91,3 + 1,42 = 92,72\ \text{dni},$$

a jesień i zima po
$$91,3 - 1,42 = 89,88\ \text{dni}.$$

Nadmienić trzeba, że szybszy ruch ziemi w zimie, a wolniejszy latem przyczynia tutaj jeszcze bardzo drobną nierówność w podziale pór, którą jednak możemy pominąć, jako mniej ważną.

Wzmiankowana nierówność pór roku gra dużą rolę w ustroju powierzchni ziemi. Ponieważ nasze lato wraz z wiosną odpowiada jesieni z zimą na półkuli południowej, a więc jasnem teraz się staje, że jesień wraz z zimą trwają na półkuli południowej prawie o *ośm* dni dłużej, aniżeli te same pory roku na półkuli północnej. Wiekowy skutek tego zjawiska przyrody jest taki, że lody coraz bardziej nagromadzają się przy biegunie południowym; skutkiem tego i środek ciężkości bryły ziemskiej teraz jest przesunięty bardziej w stronę bieguna południowego. Większość wód musi się zbierać w półkuli południowej, odsłaniając tem samem szerokie lądy na półkuli północnej. Nie należy jednak mniemać, że taki stan jest wiecznie trwałym. Przeciwnie, zobaczymy później, że kształt orbity ziemskiej ciągle się zmienia w biegu wieków. Orbita ziemi obecnie zbliża się coraz bardziej do postaci koła, a stawszy się prawie kołem, pocznie znowu wydłużać się, przechodząc w elipsę. Lecz wydłużenie orbity ziemskiej wypadnie już w kierunku innej osi wielkiej, aniżeli to mamy dzisiaj. Następstwem tych zmian będzie zmiana wzajemnego położenia ognisk elipsy, i, co idzie za tem, zmiana trwałości odpowiednich pór roku. Zima i jesień staną się dłuższe na półkuli północnej, lody obciążą biegun północny, przesuwając jednocześnie środek ciężkości więcej ku północy. Oceany zbiorą się przeważnie na półkuli północnej, odsłaniając nowe wielkie lądy na południu. Nie ulega najmniejszej wątpliwości, że takie wiekowe zmiany na ziemi zachodzą prawidłowo, perjodycznie w równych, chociaż bardzo wielkich, okresach czasu. Zapewne już niejednokrotnie powtarzały się te zmiany w dziejach naszej ziemi, czego ślady wyraźne dziś wszędzie znajdujemy. Średni poziom wód na półkuli północnej obecnie jest nieco niższy, aniżeli na półkuli południowej.

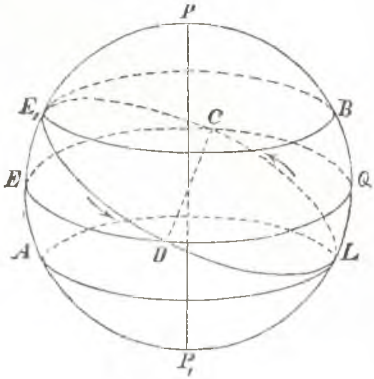
§ 29. **Wpływ rocznego ruchu ziemi na zjawiska astronomiczne.** Skutkiem rocznego ruchu ziemi zachodzą następujące zjawiska: *a) zmiana obrazu nieba w ciągu roku, b) roczny obieg słońca na sklepieniu, c) paralaksa roczna, d) aberacja.* Wszystkie te wymienione zjawiska będą służyły jako dowód rocznego ruchu ziemi.

a) Zmiana obrazu nieba. Gdy się przyjrzymy uważnie rys. XXXIV i porównamy położenia ziemi (1) z (3), widzimy, że w (1) prawa część jest oświetlona, a lewa ciemna i naodwrót w (3) lewa strona bywa oświetlona, a prawa ciemna. Ponieważ

niebo gwiaździste możemy widzieć tylko w nocy, więc jasnem jest, że w położeniach (1) i (3) nie możemy widzieć tych samych okolic nieba. Te części nieba, które w położeniu (3) widziane są w nocy, będą oczywiście przechodziły ponad poziomem danego miejsca w dzień, przy położeniu ziemi (1), i odwrotnie. To wszystko potwierdza się bezpośredniemi spostrzeżeniami. Widzimy w czasie zimy, że pewne gwiazdozbiory wschodzą coraz wcześniej, jak naprzykład, spostrzegamy coraz wcześniejszy wschód pięknej gwiazdy *Kapelli* z gwiazdozbioru *Woźnicy*, natomiast nie dostrzegamy już gwiazdozbioru *Lwa* z gwiazdą *Regulusem*, ani gwiazdy *Arktura*. W zimowych miesiącach widzimy wspaniały gwiazdozbiór *Orjona*, *Wielkiego psa* z *Syrjuszem* i t. p. Tych ostatnich gwiazd nie widzimy w lecie, gdyż przechodzą one ponad nami w dzień i gdyby się zdarzyło zaćmienie słońca, ujrzelibyśmy w czasie lata zimowe gwiazdozbiory, co było już niejednokrotnie spostrzegane. To wszystko, razem wzięte, stanowi pewny dowód tego, że my wraz z ziemią płyniemy w przestrzeni świata i oglądamy w tej podróży coraz inne okolice nieba. Gdybyśmy chcieli zaprzeczać rocznego ruchu ziemi, to musielibyśmy z konieczności chwycić się tak naiwnego objaśnienia, że sklepienie nieba wraz z przytwierdzonemi nieruchomo gwiazdami oprócz obrotu dziennego odbywa jeszcze jakiś inny, nieznany nam ruch.

b) Roczny obieg słońca na sklepieniu. Widzieliśmy już, że słońce i gwiazdy uczestniczą codziennie w pozornym obrocie sklepienia około osi świata. Uważniejsze spostrzeżenia w ciągu dłuższego czasu wskażą nam jeszcze udział słońca w innym ruchu po sklepieniu nieba wzdłuż pewnej stałej linji, zwanej *ekliptyką*, która przecina się z równikiem i której punkt, najbardziej oddalony od płaszczyzny równika, wychyla się od tej ostatniej o $23^0\ 27'$. Gdy w godzinę po zachodzie słońca zauważymy pierwsze gwiazdy najbliżej położone po za słońcem, to po kilku dniach te gwiazdy znikną w promieniach światła słonecznego, a natomiast inne gwiazdy, będące wpierw wyżej, zbliżą się ku słońcu. Tak więc słońce niejako przesunęło się w kierunku od Zachodu ku Wschodowi. Takie zmiany odbywać się będą kolejno przez cały rok i po upływie tego czasu powtórzą się w tym samym porządku. Zapamiętawszy wszystkie gwiazdozbiory, ukazujące się pokolei tuż po zachodzie słońca i wziąwszy do ręki mapę nieba, połączymy wspomniane gwiazdozbiory nieprzerwaną linją i otrzymamy pozorną roczną drogę słońca na niebie. Ażeby dobrze uprzytomnić sobie tak roczny jak i dzienny obieg słońca, nakreślimy

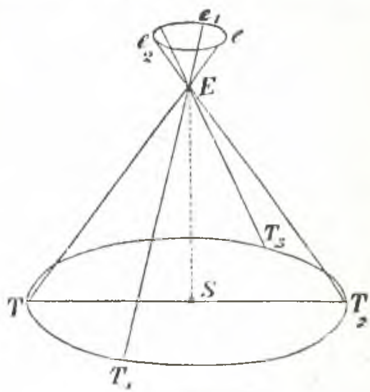
następujący rysunek: Niech sfera PEP_1Q wyobraża sklepienie nieba, którego bieguny P i P_1; EQ równik, E_1L ekliptyka. Punkta przecięcia D oraz C, ekliptyki z równikiem, będą oznaczać te miejsca, w których słońce bywa w dniu 21 Marca i 22 Września. Ponieważ cała sfera obraca się codziennie około osi PP_1, więc te dwa wspomniane punkta zakreślą na niebie równik w dniach porównań dnia z nocą. Największe wychylenia słońca po za równik będą oczywiście w dwu punktach E_1 i L, gdy łuki EE_1 i QL zawierają po $23^0 27'$. Te położenia bywają w dniach 21 Czerwca i 22 Grudnia. Przy dziennym obrocie sfery około osi PP_1 punkty E_1 i L zakreślą koła E_1B i AL, oddalone od równika o $23^0 27'$. Będą to zwrotniki *raka* i *koziorożca*, które słońce zaznacza na sklepieniu w dniach letniego i zimowego *przesileń*. Gdybyśmy nieprzerwanie codzień kreślili na sferze koła dzienne odpowiednio położeniom słońca na ekliptyce E_1L, to otrzymałaby się tym sposobem *linja spiralna*, jako wynik połączenia pozornej drogi dziennej wraz z ruchem rocznym. Zrozumiemy teraz łatwo, że punkta wschodu oraz zachodu słońca nie pozostają zawsze te same, codziennie przesuwają się powoli. Na wiosnę punkty zachodu słońca przesuwają się w kierunku ku północy i doszedłszy do największego wychylenia w dniu 21 Czerwca, po tej dacie zaczynają się znowu cofać, ażeby przejść na równik w dniu 22 Września i nareszcie dojść do największego wydłużenia ku południowi w dniu 22 Grudnia; poczem znowu następuje cofanie punktu zachodu. Tak się dzieje bezustannie co rok. Podobnie zmieniają się też położenia punktów wschodu słońca.



rys. XXXVII.

c) Paralaksa roczna. Mówiliśmy już o paralaksie dziennej (§ 19, *c*) i widzieliśmy, że takie przemieszczenia pozorne dotyczą tylko ciał względnie bliskich ziemi i mających swój ruch własny. Natomiast gwiazdy stałe są tak bardzo oddalone od nas, że zmiany położeń spostrzegacza w ruchu dziennym ziemi nie wywołują żadnej paralaksy. Inaczej ta rzecz będzie się przedstawiała, jeżeli weźmiemy pod uwagę wielkie przemieszczenia spostrzegacza w czasie rocznego ruchu ziemi. Naprzykład weźmiemy dwa krańcowe położenia na dwu końcach średnicy ekliptyki. Ta zmiana położe-

nia ziemi na ogromną odległość musi wywoływać paralaktyczne przemieszczenia tych gwiazd, które są bliżej ku nam. Objaśnimy to na rysunku. Niech $T T_1 T_2$ przedstawia orbitę ziemi, S położenie słońca. Wystawiwszy prostopadłą z punktu S do płaszczyzny orbity, oznaczmy na tej linji punkt E, jako miejsce pewnej gwiazdy stałej. Patrząc na gwiazdę E z punktu T, widzimy obraz jej na sklepieniu w e. Po upływie pół roku ziemia będzie w punkcie T_2, gdy wówczas spojrzymy na tę samą gwiazdę E, znajdziemy ją już pozornie w innym punkcie e_2 na sklepieniu nieba. Ziemia w ruchu rocznym przeszła przez wszystkie punkta swej orbity $T, T_1, T_2, \ldots$, tak samo i obraz gwiazdy zakreślił na niebie nieprzerwany szereg punktów, odwrotnie położonych względem $T, T_1, T_2 \ldots$ Jednem słowem, zauważymy paralaktyczne przemieszczenia gwiazdy jako elipsę zupełnie podobną do orbity ziemskiej. Gdyby gwiazda nie znajdowała się na linji SE, a położona była gdziekolwiek indziej, to przemieszczenia paralaktyczne w ciągu roku utworzyłyby również elipsę, tylko bardziej spłaszczoną od powyżej uważanej, w miarę przybliżania się ku ekliptyce. Jedynym warunkiem istnienia podobnych ruchów pozornych jest ten, aby odległość gwiazdy od nas nie była nieskończenie wielką w porównaniu z rozmiarami naszej orbity ziemskiej. Kąt TES nazywa się *paralaksą roczną* danej gwiazdy. Znajomość tego kąta pozwoli nam wyznaczyć odległość gwiazdy, gdyż z $\triangle\ TES$ widzimy $TE = \frac{TS}{\sin TES}$. Nadzwyczaj troskliwe i długotrwałe pomiary, podejmowane przez astronomów Bessla, Struvego, Petersa i wielu innych, ustaliły następujące paralaksy roczne niektórych gwiazd, których tablicę podajemy na następnej stronie.



rys. XXXVIII.

Wszystkich gwiazd, które mają paralaksę roczną, zauważono tylko pięćdziesiąt; wymieniliśmy zaś poniżej tylko gwiazdy najpiękniejsze. Miliony innych gwiazd, otaczających zewsząd nasz układ słoneczny, są od nas w niepojętem, niezmierzonem oddaleniu. Rozejrzawszy się w tablicy, widzimy jeszcze jeden ciekawy szczegół. Od najbliższej z wymienionych gwiazd światło dobiega do nas w $4^1/_3$ lat, a od najdalszej w $81^1/_3$ lat (prędkość

gwiazda	wielkość	paralaksa	odległość, promień ekliptyki R = 1	odległość, wyrażona przez czas przebiegu światła
α Centuara	1	0″,75	296 000	$4^1/_3$ lat
61 gwiazda Łabędzia . .	6	0″,48	412 500	$6^1/_2$ „
α Wielkiego psa (Syrjusz)	1	0″,38	543 000	$8^1/_2$ „
μ Kasjopei	5	0″,34	606 000	$9^1/_2$ „
α Lutni (Wega) . . .	1	0″,20	1 031 000	16 „
α Wolarza (Arktur . .	1	0″,13	1 586 000	25 „
γ Smoka	$2^1/_2$	0″,09	2 292 000	36 „
α Małej Niedź. (Polarna)	2	0″,07	2 947 000	$46^1/_2$ „
α Woźnicy (Kapella) .	1	0″,04	5 157 000	$81^1/_3$ „

światła 300000 kilom. w sekundę). Miliony innych gwiazd są tak oddalone, że światło przebiega tę przestrzeń już nie w tysiące lat lecz zapewne w setki tysięcy lat. Wniosek z tego prosty: to co dziś widzimy na niebie, wszystko to już dawno minęło. Wiele z tych gwiazd, widzianych jeszcze, być może, wcale nie istnieje w przestrzeni świata; zgasną one dopiero wtedy, gdy ostatnia fala promieni światła dobiegnie od gwiazdy do nas.

d) aberacja. W § 24, (*g*) była mowa o tem, że przy wszelkich ruchach ziemi musi istnieć aberacja promieni światła. Ruch dzienny odbywa się z niewielką chyżością, tymczasem roczny ruch ziemi jest znacznie szybszy, ziemia przebiega w każdą sekundę prawie po 30 kilometr. Widzieliśmy, że *styczna trygonometryczna kąta aberacji równa się prędkości ziemi, podzielonej przez prędkość światła*, t. j. w ruchu rocznym będzie

$$tg\ \alpha = \frac{d}{s} = \frac{30}{300000}.$$

Łatwo obliczyć z tego, że $\alpha = 20'',47$; tak więc skutkiem aberacji każda gwiazda pozornie zmienia swe położenie prawie o 20″[1]), w tym samym kierunku, w jakim biegnie ziemia. Gdy ziemia opisze pełną elipsę, wówczas nieprzerwane zmiany położeń każdej gwiazdy w ciągu roku dadzą również elipsę podobną ziemskiej. Skutkiem paralaksy przemieszczenia niektórych gwiazd są odwrotne ruchowi ziemi, podczas gdy pod wpływem aberacji

wszystkie bez wyjątku gwiazdy ulegają pozornym, zupełnie jednakowym przemieszczeniom w tym samym kierunku, w którym podąża ziemia. Na ten nieznany przedtem fakt po raz pierwszy zwrócił baczną uwagę angielski astronom Bradley w roku 1727. Zasługą tego astronoma jest dostarczenie jednego więcej dowodu rocznego obiegu ziemi.

§ **30. Wiekowy ruch ziemi.** Odkrycie tego ruchu ziemi zawdzięczamy astronomowi Fryderykowi Herszlowi, który po raz pierwszy zajął się zbadaniem wiekowego ruchu ziemi wraz z słońcem i całym układem słonecznym. Podziwiać musimy genialność Herszla, który, rozporządzając małą ilością danych, wskazał bez żadnego błędu, że cały układ słoneczny podąża w kierunku gwiazdozbioru Herkulesa. Późniejsze badania nad 2000 gwiazd przeprowadzone były przez Argelandera, Maedlera i Struvego. Szczegółowe rachunki wskazały, że punkt, do którego zmierza cały układ słoneczny, leży pomiędzy gwiazdami μ i ρ w gwiazdozbiorze Herkulesa tak, że wznoszenie proste tego punktu $\alpha = 260^0$ i zboczenie $\delta = 34^0.5$. Prędkość tego ruchu ziemi wynosi 30 kilometrów na sekundę, równa się więc prędkości rocznej. Trzeba wielkiego okresu czasu na to, ażeby ze zmiany położeń można było wyśledzić kształt linji, po której odbywa się wspomniany ruch wiekowy układu słonecznego. Odkrycie tej prawdy należy do przyszłych pokoleń. Tymczasem możemy tylko posiłkować się dla badania wszelkich wiekowych ruchów pomocniczą metodą Dopplera. Ażeby zrozumieć na czem polega ta metoda wskażemy na zjawisko dźwiękowe, znane w fizyce. Jeżeli parowóz, wydający długotrwały świst, zbliża się do nas, wówczas większa ilość fal dźwiękowych wpada w ucho i otrzymujemy skutkiem tego wrażenie podwyższania tonu. Gdy parowóz z świstem oddala się, wtedy mniejsza liczba fal uderza w błonę ucha i skutkiem tego usłyszymy zniżanie tonu. To samo dzieje się z światłem. Jeżeli jakaś gwiazda, czy to pozornie, czy rzeczywiście zbliża się do nas, w tym przyprzypadku większa liczba fal światła dosięga nerwu oka, które otrzymuje wrażenie podwyższenia tonu barwy. Uwidocznia się ten ostatni fakt przesunięciem prążków widma gwiazdy ku fiołkowej części tegoż widma. Przeciwnie oddalanie gwiazdy spowoduje zniżanie barwy fal, co ma swój wyraz w przesunięciu prążków widma badanej gwiazdy ku czerwieni. Pomiary tych drobnych przesunięć dają nam możność oznaczyć szybkość ruchu. Na tej drodze stoją dziś wszelkie pomiary wiekowych ruchów, wydając znakomite, nieoczekiwane wyniki.

Zasługi Herszla w kosmografii są tak wielkie, że nie będzie zbytecznem zaznajomić się z życiem tego znakomitego męża. Rodzina Herszlów pochodziła z Moraw, skąd w początkach XVII-stulecia przesiedliła się do Hannoweru. Ojciec Herszla zamieszkał w Hannowerze, jako oboista w pułku gwardyi królewskiej. W roku 1738 urodził się trzeci syn muzykanta, dano mu imię Fryderyk Wilhelm. W 12 roku życia młody Fryderyk znał już dobrze język francuski i doskonale grał na skrzypcach i oboju. W 14 roku życia, jako wytrawny i poszukiwany muzykant, Herszel wraz z ojcem i starszym bratem wyjechał do Anglii. Po upływie roku z zapasem książek treści filozoficznej i fizycznej Herszel powrócił do Hannoweru. Śmierć ojca postawiła rodzinę w trudnem położeniu, co zmusiło Fryderyka razem z siostrą znowu wyjechać do Anglii, ażeby brać udział w koncertach. Utalentowany muzyk bez wielkich trudności znalazł stałą posadę nauczyciela muzyki w mieście Bath. W wolnych chwilach od zajęć Herszel pilnie czytał *optykę* Viteliona, oraz *optykę* i *harmonję* Smitha. Poczuł w sobie ogromną chęć zrobienia wielkiego teleskopu, ażeby ujrzeć tajemnice nieba, zasłonięte przed nieuzbrojonem okiem człowieka. Założył u siebie warsztat tokarski i szlifierski i własnoręcznie po długich próbach, sprowadzających nawet dotkliwe cierpienia skutkiem zerwania paznogcia na tokarni, Herszel ukończył polerowanie wielkiego zwierciadła parabolicznego i zbudował teleskop dużych rozmiarów. Po ustawieniu teleskopu w ogrodzie, Herszel przypadkowo w r. 1781 natrafił na nową wielką planetę, nieznaną przedtem. Był to *Uranus*. W ciągu wielu lat Herszel badał jeszcze niebo we wszystkich kierunkach, odkrył wielką ilość mgławic, gwiazd podwójnych, potrójnych i t. p. Te odkrycia zrobiły sławnem imię astronoma; sam król Jerzy III powołał go do siebie i ucieszył się bardzo tem, że Herszel, równie jak i on, pochodzi z Hannoweru. Wyznaczono stałą pensję nadwornemu astronomowi, obdarzono go tytułami i orderami. Długo jeszcze pracował Herszel z wielkim pożytkiem dla astronomii i dopiero w r. 1822 zakończył swe życie, przekazując majątek, sławę i naukę swemu synowi Dżonowi Herszlowi, który we wszystkiem dorównał swemu ojcu. Syn szczególniej wsławił się badaniem południowego nieba na przylądku *Dobrej nadziei* w Afryce.

§ 31. Wpływ wiekowego ruchu na zjawiska astronomiczne. Skutkiem wiekowego ruchu ziemi zachodzą następujące zmiany: *a) Wiekowe zmiany obrazu nieba, b) paralaksa, c) aberacja.*

a) Wiekowe zmiany obrazu sklepienia. Widok nieba, jaki dziś mamy przed sobą, nie może być wieczystym. Płynąc w bezgranicznej przestrzeni wszechświata, zbliżamy się do jednych gwiazd, a oddalamy od drugich. Wynikiem tego ruchu będzie pozorne rozbieganie się tych gwiazd, do których podążamy. Są to gwiazdy *Herkulesa*, rozstępujące się jak drzewa w czasie szybkiej jazdy. Jeżeli od gwiazd Herkulesa przeprowadzimy przez środek słońca linję, to na południowym sklepieniu na drugim krańcu tej samej linji znajdziemy zbiorowisko gwiazd, ulegających ciągłemu skupianiu, podobnie drzewom, od których szybko oddalamy się. Po upływie długiego okresu czasu gwiazdy Herkulesa nie będą już tworzyły jednego zbiorowiska, jak to widzimy dzisiaj, lecz bardzo się oddalą jedna od drugiej. W tym samym czasie po przeciwnej stronie sklepienia skupią się te gwiazdy, które dziś jeszcze daleko od siebie odstępują.

b) Paralaksa. Tak gwiazdy ze zbioru Herkulesa, jak i gwiazdy po przeciwnej stronie sklepienia ulegają przemieszczeniom pozornym, paralaktycznym. Kierunek tych przemieszczeń jest dla wszystkich wspomnianych gwiazd jednakowym. Ścisłe pomiary paralaksy wiekowej dziś są dopiero zapoczątkowane; rozporządzamy małym okresem czasu i nie możemy jeszcze dać pewnych odpowiedzi na te pytania. Pokolenia przyszłych tysiącoleci wyśledzą dokładne wielkości paralaksy wiekowej, co da możność oznaczyć punkt środkowy całego ruchu oraz kształt drogi.

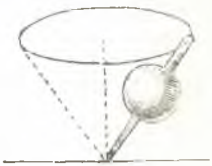
c) Aberacja. Widzieliśmy, że w każdym ruchu musi istnieć zjawisko aberacji promieni światła. Tak też i w biegu wiekowym, który się odbywa z chyżością 30 kilom. na sekundę, niewątpliwie zachodzi aberacja. Skutkiem jednakowych prędkości wiekowej i rocznej, obie aberacje dają jedno i to samo przemieszczenie $20'' \frac{1}{2}$; położenie zaś każdej gwiazdy staje się wypadkową pod jednoczesnym wpływem tak aberacji ruchu rocznego jak i wiekowego.

§ 32. Zwichnięcia ruchów ziemi. Dotychczas mówiliśmy o ruchu ziemi około słońca, zapominając o istnieniu innych ciał, jako to księżyca oraz wielkich i małych planet. Obecność każdego z wymienionych ciał w przestrzeni świata wywiera swój wpływ tamujący główny bieg ziemi. Stąd powstają tak zwane zwichnięcia ruchu. Jednem z najważniejszych zwichnięć jest *precesja* czyli wyprzedzający bieg punktu wiosennego. Punktem wiosennym nazwaliśmy punkt przecięcia ekliptyki z płaszczyzną równika.

Wiemy, że od tego punktu liczą się wznoszenia proste wszystkich gwiazd stałych. W starożytności sławny astronom aleksandryjski Hipparch (140 r. przed Chr.) zadał sobie pracę ułożenia pierwszego katalogu gwiazd, mając pod ręką spis dawniejszych spostrzeżeń astronomów Timocharysa i Arystillesa. Gdy Hipparch porównał te dawniejsze spostrzeżenia z swojemi, zauważył, że wszystkie wznoszenia proste zwiększają się corocznie o 50″. Hipparch to zjawisko przypisał ruchowi punktu porównania wiosennego. Trafność myśli Hipparcha potwierdzili wszyscy późniejsi badacze i wyśledzili zarazem, że jakkolwiek wielkość powyżej przytoczonej liczby jest zmienna w bardzo małych granicach, to jednak prawie równą bywa 50″ $^1/_4$ corocznie. Tym sposobem punkt wiosenny corok posuwa się na ekliptyce o 50″$^1/_4$ ku zachodowi i o tę wielkość wpływa na zmianę wznoszeń prostych. To znaczy, że wznoszenia proste są to *efemerydy*, które co rok są inne, skutkiem tego zawsze podawać musimy epokę, do której są odnoszone.

Punkt wiosenny zmienia swe położenia na ekliptyce i obiega wszystkie 12 gwiazdozbiorów zwierzyńcowych. Punkt ten w czasach Hipparcha był w gwiazdozbiorze *Barana*, od tego czasu przesunął się prawie o 30° i dziś znak ♈ znajduje się wśród *Ryb*. Obliczyć możemy, że w czasie, równym 360° : 50″$^1/_4$ = 25 791 lat punkt wiosenny obiegnie całą ekliptykę. Ten wielki okres czasu nazywają *rokiem platonicznym*. Po upływie tego czasu punkt porównania wiosennego znowu znajdzie się na swem dawnem miejscu, ażeby powtórnie odbywać dalej całą drogę 360° w następnym roku platonicznym. Ponieważ punkty przecięcia równika z ekliptyką przesuwają się po drodze kolowej, wniosek z tego prosty, że i linja prostopadła do równika, czyli oś świata, odbywa jednocześnie pewien ruch kołowy. Biegun świata musi zmieniać swe położenia w ciągu roku platonicznego. W czasie Hipparcha gwiazda α z *Małej Niedźwiedzicy* była oddalona od bieguna o 12°, dzisiaj ta sama gwiazda już tylko o 1$^1/_2$° jest odległa od bieguna, a 2000-go roku odległość tej gwiazdy od bieguna będzie $^1/_2$°, potem będzie się ona oddalała od bieguna świata i po 12000 lat gwiazda *Wega z Lutni* będzie położoną o 5° od bieguna. Gwiazda *Wega* w owej epoce będzie gwiazdą polarną. Opisawszy powyższe zjawisko musimy wniknąć bliżej w to, co jest bezpośrednią przyczyną zmian położeń równika. Przytoczyliśmy na poprzedzających stronicach dowody kulistości ziemi oraz wyniki ścisłych pomiarów, stwierdzających spłaszczenie ziemi i nachylenie osi względem pła-

szczyzny ekliptyki. Jeżeli weźmiemy sztuczną kulę, na którą naciągniemy grubą obręcz, i, nadawszy kuli szybki obrót około osi prostopadłej względem obręczy, rzucimy wirującą kulę na stół, to zauważymy następujące zjawiska: Gdy oś będzie prostopadłą względem powierzchni stołu, wirowanie będzie spokojne; gdy jednak nadamy osi położenie pochyłe, to skutkiem niesymetrycznego położenia obręczy, w czasie ruchu zacznie się zaraz stożkowy taniec osi. Najłatwiej wykonać takie doświadczenie przy pomocy znanej zabawki zwanej „bąkiem" (rys. XXXIX). To samo prawo mechaniki, które okazaliśmy na wirowaniu kuli, ma miejsce i w czasie ruchów ziemi. Z przyczyny spłaszczenia, na równiku ziemskim istnieje zgrubienie na podobieństwo obręczy, obciągniętej dokoła. Gdyby równik i ekliptyka były jedną i tą samą płaszczyzną, zjawisko, opisane wyżej, nie mogłoby istnieć. Skoro zaś zgrubienie w czasie ruchu znajduje się jedną częścią nad ekliptyką, a drugą pod tą płaszczyzną, to masa słońca, działając przyciągająco na niesymetrycznie rozmieszczone części rzeczonego podrównikowego zgrubienia, stara się sprowadzić ziemię do takiego położenia, aby to zgrubienie wypadło symetrycznie w samej płaszczyźnie ekliptyki. Wynikiem tego przyciągania słońca jest objaw precesyi, trwający przez cały rok platoniczny. Trzeba jednak teraz zwrócić uwagę na to, że podobne działanie, jakie wywiera słońce na wyniosłość bryły ziemskiej pod równikiem, okazuje też w mniejszym stopniu i księżyc, który swym szybkim ruchem wywołuje mniejsze kołysania osi ziemskiej. Skutkiem precesyi oś ziemi opisuje stożek, tem samem biegun świata opisuje koło, którego środkiem jest biegun ekliptyki (w gwiazdozbiorze *Smoka*). Tym sposobem pod wpływem precesyi biegun świata pozostawałby ciągle oddalonym od bieguna ekliptyki o 23° 27′; otóż tutaj sprowadza pewne zakłócenie bieg węzłów księżyca. Biegun świata nie pozostaje w jednakowej odległości od bieguna ekliptyki, lecz to zbliża się, to oddala się średnio o 9″,5 w okresie lat $18^1/_2$. Tedy właściwie koniec osi nie opisuje dokładnego koła; lecz tworzy pewną linję wężykowatą; co znaczy, że oś świata w roku platonicznym nie opisuje stożka kołowego, lecz stożek ten wygina się wężykowato na podobieństwo zębów. Takie kołysanie osi pod wpływem biegu księżyca nazywa się *nutacją*.



rys. XXXIX.

Była już mowa o tem, że *precesja* co rok zmienia wszystkie wznoszenia proste gwiazd stałych o $50'' ^1/_4$; dodamy teraz, że oprócz

tego wpływ nutacyi w ciągu 9 lat powiększa o 9″ wszystkie zboczenia gwiazd stałych, a w ciągu następnych 9 lat zmniejsza je o 9″. Tych drobnych zmian żaden spostrzegacz nie potrzebuje wprowadzać, jako poprawki położenia gwiazd, albowiem zmiany zależne od *nutacyi*, zachodzącej w okresie 9 letnim, zarówno jak i od *precesyi*, są zawsze uwzględniane w efemerydach, ogłaszanych przez obserwatorja astronomiczne.

Następnem ważnem zwichnięciem ruchu ziemi, wpływającem na wielkości zboczeń gwiazd, jest *zmiana nachylenia płaszczyzny równika względem płaszczyzny ekliptyki.* Widzieliśmy, że od wielkości nachylenia wzmiankowanych dwu płaszczyzn zależy także podział ciepła na powierzchni ziemskiej, czyli wzajemny układ stref klimatycznych. Objawy precesyi zachodzą tak, że skutkiem tych działań płaszczyzna równika przemieszcza się, nie zmieniając bynajmniej swego nachylenia względem ekliptyki. Dopiero nutacja, którą opisaliśmy wyżej, sprowadza drobne zakłócenia w wielkości stałego kąta nachylenia płaszczyzn równika i ekliptyki. Jednak oprócz tych drobnych zmian zauważono przy pomocy danych z trzydziesto-wiekowych spostrzeżeń, że kąt nachylenia równika względem ekliptyki nie jest stałym, lecz zmniejsza się corok o 0″,484 t. j. prawie o pół sekundy. Najdawniejsze spostrzeżenia Chińczyków przed 3000 lat zapisały wielkość nachylenia wzmiankowanych płaszczyzn jako 23° 54′, gdy tymczasem dzisiaj mamy ten kąt równy 23° 27′ 5″. Niektórzy geologowie dawniej przypuszczali, że taką ciągłą zmianą nachylania płaszczyzn równika i ekliptyki można będzie łatwo objaśnić te wielkie zmiany klimatyczne, jakie bezsprzecznie w minionych epokach przechodziła ziemia. Dopiero astronom Laplace, zbadawszy wszechstronnie przyczyny zjawiska, dowiódł, że wahania nachyleń, o których mowa, zawierają się w dość szczupłych granicach 21½° oraz 27½°. W obrębie tych niewielkich zmian klimat w naszych średnich strefach nie uległ-by zmianom, gdyż średnia temperatura roku pozostałaby taka sama jak dziś. Jeżeli więc ziemia przechodziła wielkie zaburzenia klimatyczne, to przyczyny tych zjawisk nie możemy przypisywać zmniejszaniu kąta nachylenia równika odnośnie do płaszczyzny ekliptyki. Zatrzymamy teraz uwagę swoją nad przyczyną, wywołującą zmiany omówionego wyżej nachylenia. Mówiliśmy niejednokrotnie, że słońce otoczone jest świtą planet; tedy ziemia jest pod ciągłym wpływem swych sąsiadów. Tak wielkie planety, jak Jowisz i Saturn wywierają mocny wpływ na ziemię i gdyby wszystkie planety krążyły około słońca po

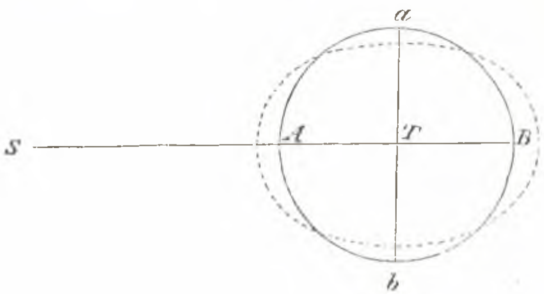
jednej i tej samej płaszczyznie, wówczas sąsiedztwo wielkich planet nie zmieniałoby wcale kąta nachylenia płaszczyzn równika i ekliptyki. Wiadomo jednak, że płaszczyzna, po której krąży Jowisz tworzy z ekliptyką kąt równy 1° 19′, a orbita Saturna nachyla się względem ekliptyki pod kątem 2° ½.

Ilekroć razy ziemia w czasie obiegu znajdzie się po tej samej stronie, po której są obie wielkie planety, następuje pewne, że tak powiemy, targnięcie, zmierzające do tego, aby ściągnąć ziemię do tych płaszczyzn, w których się poruszają Jowisz i Saturn. Wynikiem tych perjodycznych zakłóceń jest wiekowa zmiana nachylenia płaszczyzny równika ziemi względem ekliptyki, a także bardzo powolna *zmiana mimośrodu* orbity ziemskiej. Podobnie jak do zjawiska precesyi księżyc dołącza swój wpływ uboczny i dodaje jeszcze nutację, zupełnie tak samo do zmian mimośrodu orbity ziemskiej, spowodowanych wpływem wielkich planet, księżyc dorzuca swój wpływ potęgujący. Takim sposobem orbita ziemi w okresie 50000 lat coraz bardziej zbliża się do postaci koła, jednocześnie zaś następuje zmiana położenia wielkiej osi, tak zwanej *linji absydów*. Skutkiem tego krańce wielkiej osi corok przesuwają się o 61″ ½, a więc po upływie prawie 10400 lat zakończenia wielkiej osi przyjmą położenie wprost odwrotne dzisiejszym. W § 28 była mowa o tem, że odwrotne położenie wielkiej osi zmieni wzajemne położenie ognisk elipsy; to będzie miało taki skutek, że zima prawie o ośm dni będzie dłuższa na pólkuli północnej, aniżeli na półkuli południowej. Będzie to wprost odwrotnie stanowi dzisiejszemu i sprowadzi wielkie obciążenie lodowcami bieguna północnego.

§ 33. Zmiany położeń środka ciężkości. Z mechaniki wiadomo, że, gdy dwa ciała, związane wspólnie, odbywają pewien ruch kołowy, to w ruchu tym przyjmuje udział środek ciężkości tych dwu ciał. Prawo dźwigni wskazuje nam ściśle położenie wzmiankowanego środka ciężkości, mianowicie, że ów punkt jest bliżej ciała cięższego. Stosując to prawo do dwu ciał: księżyca i ziemi i wiedząc, że masa ziemi jest 81 razy większa od masy księżyca, a odległość księżyca od środka ziemi wynosi 60 promieni ziemskich, znajdziemy, że wspólny środek ciężkości mieści się wewnątrz ziemi niedaleko od jej powierzchni, na odległości $= \frac{60\,r}{82}$ od środka. Gdyby księżyc nie miał własnego ruchu, to rzeczony środek ciężkości pozostawałby wewnątrz ziemi zawsze w jednem i tem samem miejscu. Jednak wiemy, że księżyc obiega dokoła ziemi, skutkiem

tego i środek ciężkości dwu wspomnianych ciał obiega jednocześnie dokoła osi ziemskiej. To zjawisko ma bardzo ważne znaczenie, będąc bezpośrednią przyczyną przypływów i odpływów wód oceanów na powierzchni ziemi, zarówno jak i na powierzchni księżyca, gdyby tam istniały morza, co w samej rzeczy było w dawno minionych epokach. Gdy teraz weźmiemy pod uwagę trzy ciała: słońce, ziemię i księżyc, natenczas, wiedząc, że masa słońca 325000 razy przewyższa masę ziemi i księżyca, a odległość słońca od ziemi = 440 promieni R kuli słonecznej, łatwo obliczymy, że środek ciężkości tych trzech wymienionych ciał znajduje się na odległości prawie $\frac{440\,R}{325000}$ od środka słońca. Ten środek ciężkości w czasie ruchu ziemi wraz z księżycem wykonywa obieg dokoła środka słońca, przyczyniając tem samem przypływy i odpływy mórz na powierzchni ziemi i jednocześnie powodując przypływy i odpływy gazowych mas słońca. Objaśnimy teraz te zjawiska więcej szczegółowo, i ażeby zrozumieć je dobrze przyjrzyjmy się, jak rusza z miejsca długi pociąg kolei. Gdy parowóz poruszy się pod wpływem siły pary, to nasamprzód pójdzie w ruch pierwszy wagon tuż za parowozem, potem powoli ruch udziela się następnym z kolei wagonom, aż nareszcie ostatni wagon na końcu zostaje uruchomiony. Rzecz jasna, że skutkiem bezwładności nie odrazu cały pociąg uruchamia się; pomiędzy poruszeniem pierwszego i ostatniego z wagonów upłynie tem większa ilość czasu, im dłuższy pociąg. Podobne zjawiska stopniowego uruchomiania cząstek powierzchni ziemskiej istnieją w czasie działań księżyca wraz z słońcem. Przypływów i odpływów morza nie byłoby, gdyby środki ciężkości w czasie ruchu nie zmieniały swych miejsc. Gdy księżyc zmieni swe położenie względem ziemi, wówczas i wspólny środek ciężkości tych dwu ciał przesunie się. Tak ziemia jak i księżyc muszą natychmiast odczuć zmianę środka ciężkości; tak jedno ciało jak i drugie zmuszone są podążyć w kierunku swego wspólnego środka ciężkości, czyli oba ciała w tym kierunku zostaną niejako szarpnięte. Ziemia i księżyc są to bryły bezwładne i skutkiem tego nie mogą one w jednej chwili uruchomić całej swej masy. Nasamprzód podążają te cząstki powierzchni, które są w punkcie A, (rys. XL) zatem uruchomia się powoli cała bryła, aż nareszcie ostatnie podążają punkty, położone w B. Jeżeli w punktach A i B są wody oceanów, to skutek będzie taki, że pierwsze poruszenie, czyli pierwszy impuls, wytworzy falę przypływu w A i po pewnym czasie, nie jednocześnie, największe

opóźnienie w ruchu cząsteczek w *B* wytworzy tam również falę przypływu. Tak więc z dwu różnych przyczyn: najwcześniejszego uruchomienia oraz największego opóźnienia się powstają dwie wielkie fale przypływu na dwu krańcach średnicy ziemskiej. W innych punktach, oddalonych od *A* i od *B* o 90°, wypadną w tym



rys. XL.

samym czasie odpływy. I tak to zjawisko powtarza się kolejno we wszystkich okolicach morskich w odstępach 6 godzin. Wpływ słońca potęguje działanie księżyca. Widzieliśmy, w jakim punkcie znajduje się środek ciężkości brył słońca, ziemi i księżyca oraz, że ten punkt obiega stale dokoła osi słońca. Zupełnie taki sam rysunek, jak XL, objaśni nam powstawania dwu fal pod działaniem słońca. Najsilniejszy przypływ będzie wówczas, gdy oba środki ciężkości, wzmiankowane wyżej, znajdą się po jednej stronie prawie na jednej linji, łączącej środek ziemi z środkiem słońca, co ma miejsce w czasie *nowiu* księżyca. Bezwładność materyi jest przyczyną, że chwile przypływów i odpływów morza są różne w rozmaitych punktach kuli ziemskiej, skutkiem tego w jednym i tym samym miejscu zjawiska te nie bywają o jednakowych godzinach. W każdym porcie morskim chwile przypływu i odpływu opóźniają się, dając tak zwany *czas portowy* odnośnie do nowiu lub pełni księżyca. Znajomość tego czasu ważną bywa dla żeglarzy, pozwalając tylko w czasie przypływu przybijać do brzegu. Tak naprzykład, licząc od przejścia księżyca przez południk, czas ten dla Hamburga = 5 god. dla Plymutu 6 god. i t. p. Morza zamknięte lądami, jak Baltyckie, Kaspijskie, Czarne nie znają wcale zjawiska przypływu i odpływu.

Powiedzieliśmy już o zmianach, jakim podlegają wspólne środki ciężkości słońca, księżyca i ziemi. Musimy jeszcze objaśnić przyczyny zmiany położeń środka ciężkości samej ziemi. Środek

ciężkości księżyca razem z ziemią znajduje się, jak widzieliśmy, blisko powierzchni ziemskiej. Jeżeli teraz weźmiemy pod uwagę samą tylko ziemię, to środek ciężkości tej bryły nie leży w środku geometrycznym, lecz jest od tego ostatniego trochę oddalony. Była już mowa o tem (§ 19), że położenie środka ciężkości bryły ziemskiej sprowadza za sobą to, że zenit geocentryczny odstępuje od zenitu astronomicznego. Wspominaliśmy także kilkakrotnie o tem, że wiekowe nagromadzenie lodów u bieguna południowego skierowało środek ciężkości ziemi bardziej w stronę półkuli południowej. Nietrudny rachunek wykazuje, że, jeżeli przypuścimy, iż do 75° szerokości geogr. południowej miejscowości podbiegunowe pokryte są warstwą lodu, tylko 300 metrów wysoką, to w takiej warstwie uwięziona byłaby znaczna ilość wody, która po stopieniu zdolna była by podwyższyć o 7 metrów poziom oceanów całej kuli ziemskiej. Rzecz jasna, że środek ciężkości ziemi musi być skierowany ku takiej olbrzymiej masie. Z drugiej znowu strony wiemy, że warstwy skalne wewnątrz ziemi ustawicznie przemieszczają się. Wyobraźmy sobie, że większość masy skalnej zgromadziła się na półkuli zachodniej. Moglibyśmy natychmiast przeprowadzić nową oś symetryi tak, ażeby zarówno po prawej jak i po lewej stronie tej osi były jednakowe ilości mas. W czasie kolejnych obrotów geometryczna oś ziemi będzie powoli dążyła do tego, ażeby złączyć się w jedną linję z osią symetryi; skutek tych wpływów będzie taki, że oś ziemi zmieni swe położenie odnośnie do całej masy ziemi. Taka zmiana miejsc biegunów musi pociągnąć za sobą jednoczesne zmiany szerokości geograficznych wszystkich punktów na powierzchni ziemskiej. Sposoby mierzenia szerok. geogr. doprowadzone są dziś do takiej doskonałości, że różnice = 0'',02 ujawniają się ściśle. Od roku 1889 prowadzono sprawdzenia szerokości geogr. nasamprzód w Berlinie, Potsdamie i Pradze, potem w Honolulu na wyspach Sandwich i w wielu innych punktach. Okazało się, że od roku 1889 do 1894 oś ziemi wahała się w granicach 0,55'', co wynosiło około kilkunastu (12 — 18) metrów przemieszczenia biegunów ziemi corocznie. W roku 1894 wahania biegunów ustały zupełnie, lecz zaraz w następnym roku rozpoczęły się takie same przemieszczania, jakie były w okresie poprzedniego pięciolecia. Okres tych kolejnych wahań osi wewnątrz ziemi mieścił się dotąd prawie w 430 dniach oddalania i takiegoż czasu zbliżania. Wcale nie wiemy, czy i nadal będzie trwało takie okresowe przemieszczanie osi ziemi; pra-

wdopodobnie okres wahań nie jest tutaj stałym, gdyż zależy od zmiennych procesów w wnętrzach ziemi.

§ 34. **Czas.** Poznawszy dobrze wszystkie ruchy jakim podlega ziemia, możemy teraz przejść do ścisłych pojęć o czasie i sposobach dokładnego mierzenia doby i roku. Za jednostkę mierzenia czasu przyjmuje się *dobę gwiazdową*. Jest to przebieg zupełnego obrotu ziemi około osi, który, jak widzieliśmy, zaznacza się całkowitym obrotem sklepienia niebieskiego. Tak więc *dobą gwiazdową* nazywać będziemy czas, który upływa od chwili górowania jakiejbądź gwiazdy stałej do następnego górowania tejże samej gwiazdy. Zauważyć tutaj trzeba, że, gdy ziemia jest bliżej słońca, co ma miejsce w czasie zimy, wówczas bieg ziemi i czas obrotu około osi przyśpiesza się. Gdy zaś ziemia jest dalej od słońca, w czasie lata, bieg jej i zarazem czas obrotu zwalnia. Z tego widoczna, że doba gwiazdowa jest krótsza w zimie, a dłuższa w lecie; różnica jednak pomiędzy najkrótszą i najdłuższą dobą nie przekracza 200 sekund. Dla uniknięcia chwiejności w rachubie czasu przyjęto średnią arytmetyczną najmniejszej oraz największej wielkości doby jako podstawową jednostkę czasu. Taka doba zawiera stale 86400 sekund, co się zaznacza tem, że wahadło sekundowe, którego długość w danem miejscu jest niezmienną, daje zawsze 86400 uderzeń w czasie jednej doby gwiazdowej. Jessto podstawą urządzenia dobrego zegaru astronomicznego. Za początek doby gwiazdowej przyjmuje się ta chwila, kiedy punkt wiosenny przechodzi przez południk danego miejsca. Punkt wiosenny nie może być w jednej i tej samej chwili na wszystkich południkach ziemi, a więc początek doby, czyli czas, na każdym południku jest inny. Jeżeli punkt wiosenny w pewnej oznaczonej chwili przechodzi przez południk Warszawy, wówczas ten punkt przeszedł już przez wszystkie południki miejsc, leżących na Wschód od Warszawy, lecz punkt wzmiankowany dopiero później wstąpi na południki punktów, położonych na Zachód od Warszawy. To znaczy, że, gdy doba rozpoczyna się w Warszawie, to już wcześniej ta sama doba rozpoczęła się na wszystkich wschodnich południkach, gdy tymczasem na zachodnich południkach względem Warszawy kończy się jeszcze doba poprzedzająca. Gdy wiemy różnicę długości geograf. względem Warszawy, to możemy wyznaczyć czas na każdym południku, pamiętając, że 15^0 odpowiada jednej godzinie, $15'$ jednej minucie oraz $15''$ jednej sekundzie czasu. Znalazłszy taką drogą liczbę godzin, minut i sekund, mu-

simy te liczby dodać do czasu warszawskiego, jeżeli punkt położony jest na Wschód względem Warszawy, albo też odjąć, jeżeli punkt leży na Zachód. W życiu praktycznem nie możebnem byłoby liczyć czas podług ruchu sklepienia niebieskiego z tego powodu, że blask słońca w dzień czyni gwiazdy zupełnie niewidzialnemi. Z konieczności więc człowiek zniewolony jest śledzić tylko bieg słońca i według tego ustanawiać rachubę czasu. Lecz to praktyczne zagadnienie w odniesieniu do biegu słońca staje się więcej złożonem i trudniejszem z tej przyczyny, że pozorny ruch słońca jest niejednostajnym i przytem dwojakim, dziennym oraz rocznym. Czas, mierzony ruchem słońca, nazywamy *czasem słonecznym*. *Dobą słoneczną* nazywa się przebieg czasu od chwili górowania słońca do bezpośrednio następnego górowania tej gwiazdy dziennej. Skutkiem ruchu rocznego średnia doba słoneczna jest o $3^m\ 56^1/_2{}^s$ dłuższa od doby gwiazdowej. Chwilą *prawdziwego południa* nazywa się ta chwila, w której środek tarczy słońca przechodzi przez południk danego miejsca; ponieważ obieg słońca nie jest jednostajnym, to chwila prawdziwego południa zdarza się niejednakowo, niekiedy bywa wcześniej niekiedy zaś później. Te nierówności w rachubie czasu są bardzo niedogodne, gdyż zmuszają do ciągłego poprawiania wskazówek zupełnie dobrze urządzonych zegarów. Ażeby usunąć te nieprawidłowości, astronom Lalande w początkach XIX wieku zaproponował stosować rachubę czasu nie do prawdziwego słońca, lecz do jednostajnego biegu wyobrażalnego ciała, zwanego średniem słońcem, którego ruch odbywa się nie po ekliptyce lecz wzdłuż równika. Ta prosta myśl ustaliła nazawsze jednakową wielkość *średniej* doby słonecznej, w odróżnieniu od zmiennej doby prawdziwej. W tym celu w kalendarzach astronom. daje się na wszystkie dni roku następująca tablica *równań czasu*, którą podajemy na następnej stronie (dla przykładu przytaczamy za rok 1905):

Chcąc otrzymać chwilę południa według czasu średniego, dodajemy lub odejmujemy powyższe poprawki według znaków (+ lub —) do czasu prawdziwego przejścia słońca przez południk. Jeżeli poprawka na dzień żądany nie mieści się w tablicach, to łatwo ją obliczyć. Tak naprzykład, na dzień 5 Lipca widzimy między 29 Czerwca a 9 Lipca różnicę $4^m\ 53^s - 3^m\ 4^s = 1^m\ 49^s$, co na jeden dzień tutaj wynosi $1^m\ 49^s : 9 = 12^s$, a więc na pięć dni mamy $12^s \times 5 = 1^m$. Stąd wypada, że równanie czasu na 5 Lipca będzie $4^m\ 4^s$. Możemy obliczyć w każdej chwili czas gwiazdowy odpowiednio znalezionemu czasowi średniemu. Wiemy, że

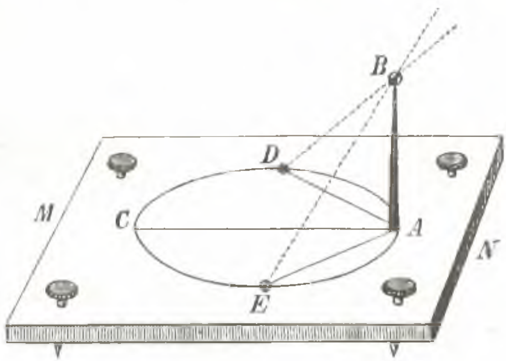
1 Stycznia	$+\ 3^m\ 31^s$	9 Lipca	$+\ 4^m\ 53^s$
10 "	+ 7 32	19 "	+ 6 1
20 "	+ 11 5	29 "	+ 6 16
30 "	+ 13 24	8 Sierpnia	+ 5 32
10 Lutego	+ 14 25	18 "	+ 3 49
20 "	+ 13 57	28 "	+ 1 17
1 Marca	+ 12 36	7 Września	— 1 52
10 "	+ 10 34	17 "	— 5 21
20 "	+ 7 45	27 "	— 8 50
30 "	+ 4 42	7 Października	— 11 59
10 Kwietnia	+ 1 29	17 "	— 14 29
20 "	— 1 1	27 "	— 16 0
30 "	— 2 48	6 Listopada	— 16 17
10 Maja	— 3 43	16 "	— 15 13
20 "	— 3 42	26 "	— 12 44
30 "	— 2 47	6 Grudnia	— 9 2
8 Czerwca	— 1 7	16 "	— 4 29
10 "	+ 0 56	26 "	+ 0 29
29 "	+ 3 4		

Tablica ta corok ulega drobnym zmianom skutkiem zmiany położenia linji absydów, o czem mówiliśmy (§ 32).

skutkiem rocznego ruchu słońca średnia doba słoneczna jest o $3^m\ 56^s,55$ większa od doby gwiazdowej, stąd przyrost na jedną godzinę będzie $3^m\ 56^s,55 : 24 = 9^s,856$ a na jedną minutę $9^s,856 : 60 = 0^s,164$ i na jedną sekundę $0^s,164 : 60 = 0^s,003$. Jeżeli w dniu 5 Lipca w chwili prawdziwego południa mieliśmy czas średni $12^h\ 4^m\ 4^s$, to rzecz jasna, że $9^s,856 \times 12 + 0^s,164 \times 4 + 0^s,003 \times 4 = 118^s,94$ przedstawia nam tę liczbę, którą należy odjąć od $12^h\ 4^m\ 4^s$, ażeby otrzymać czas astronomiczny w chwili prawdziwego południa 5 Lipca; będzie to $12^h\ 2^m\ 5^s$. Taką drogą zawsze czas średni da się wyrazić przez czas astronomiczny i odwrotnie. Sama przez się staje tutaj przed nami ważna kwestja regulowania zegarów.

Regulowanie zegarów. Zagadnienie regulowania zegarów łatwo daje się rozwiązać przy pomocy *gnomonu*, który już raz opisywa-

liśmy. Ustawiwszy przyrząd, jak najdokładniej, w płaszczyznie poziomej, uważamy chwilę, kiedy promień słońca, wpadający przez *B*, zarysuje koniec gnomonu na okręgu koła w punkcie *D*. Niechaj ta chwila, odczytana na zegarze, będzie *a*. Notujemy po raz drugi chwilę, gdy znowu koniec gnomonu rysuje się na okręgu tego samego koła w punkcie *E*; niech ta chwila, odczytana na zegarze, będzie *b*, licząc od początku doby. Jasnem jest, że czas



rys. XLI.

prawdziwego południa wypadł pośrodku dwu uważanych chwil, a więc w czasie $a + \frac{b - a}{2}$. Jeżeli, dajmy na to, obliczenie robimy w dniu 5 Lipca, to, jak widzieliśmy wyżej, prawdziwe południe powinno być w czasie $12^h\ 4^m\ 4^s$; gdy poprzednio otrzymana liczba $\left(\frac{b + a}{2}\right)$ nie jest równa tylko co wzmiankowanej liczbie, to będzie oznaczało, że nasz zegar idzie źle i trzeba będzie wskazówki przesunąć odpowiednio do zauważonej różnicy. Znalazłszy dokładnie czas średni, możemy już łatwo opisanymi poprzednio sposobami zamienić czas na astronomiczny. Takim sposobem dobry zegar, regulowany przy pomocy gnomonu, rozstrzyga zupełnie wystarczająco ważne zagadnienie astronomiczne wyznaczania czasu tak średniego, jak i gwiazdowego na każdym danym południku ziemi. Zaznaczyć w końcu trzeba, że dla większej dokładności na gnomonie nakreśla się kilka kół spółśrodkowych i robi się po kilka spostrzeżeń przed południem i popołudniu.

Rok. Prawdopodobnem jest, że u Chaldejczyków liczono rok 360 dni i dzielono ten czas na 12 miesięcy po 30 dni; ślady tego pozostały w podziale koła na 360°. U starożytnych Egipcjan

z obserwacyj Syrjusza ustanowiono rok = 360 dni, lecz już na XX wieków przed Chr. rok zawierał 365 dni i tak określony rok przeszedł do Rzymian za panowania Numy Pompiliusza. Długoletnie mozolne spostrzeżenia ustaliły nareszcie fakt, że rok jest niewymierny względem doby i równa się 365, 2564.., średnich dob, czyli 365 dni 6 godzin 9 min. 11 sek. W takim okresie czasu ziemia kończy pełny obieg dokoła słońca. Jestto *rok astronomiczny* albo *gwiazdowy*. Początek wiosny zaznacza się astronomicznie tem, że słońce przechodzi przez punkt wiosenny ♈. Czas, zawarty pomiędzy dwuma kolejnemi przejściami słońca przez punkt wiosenny, przyjęto nazywać *rokiem zwrotnikowym*. Widzieliśmy, że punkt wiosenny podlega wpływowi *precesyi*, skutkiem której co rok posuwa się na spotkanie słońca o $50''\frac{1}{4}$. Z tej przyczyny rok zwrotnikowy jest krótszy od roku gwiazdowego o $\frac{50^{1}/_{4}}{360.60.60}$ części, co wynosi $\frac{1}{25791}$. Widoczna stąd, że rok zwrotnikowy równać się będzie $\left(1 - \frac{1}{25791}\right)$. $365, 2564 = 365, 2422\ldots$ średnich dni, czyli 365 dni 5 godz. 48 min. 46 sek. Ponieważ każdy rok zwrotnikowy jest o $\frac{1}{25791}$ część krótszy od roku astronomicznego, wypada więc z tego, że 25790 lat gwiazdowych i 25791 lat zwrotnikowych, jest to jeden i ten sam okres czasu, zwany rokiem platonicznym. Z liczb uzyskanych widzimy, że w okresie platonicznym ginie jeden rok zwrotnikowy i skutkiem tego punkt wiosenny w tym długim okresie czasu obiega po kolei wszystkie miesiące roku astronomicznego. Gdyby więc przyjąć za podstawę rachuby czasu rok astronomiczny, natenczas pierwszy dzień wiosny staje się dniem ruchomym i w okresie platonicznym musi pokolei wypaść we wszystkich dniach roku, bez wyjątku. Ponieważ wszystkie ludy, zamieszkujące ziemię, stosownie do swych wierzeń religijnych i do zwyczajów narodowych, ustanowiły święta wiosenne, wszystkie więc ludy dążyły do tego, ażeby pierwszy dzień wiosny wypadał stale w jednym i tym samym dniu. To było przyczyną, że powszechnie przyjęto nie krępować się w rachubie czasu rokiem ściśle astronomicznym, lecz przyjąć jednostkę czasu trochę mniejszą, jako rok zwrotnikowy. Zadajmy sobie teraz pytanie, jak długo punkt wiosenny nie powinien wyjść po za krańce jednej doby. Wiemy, że punkt wiosenny corok wyprzedza o $50''\frac{1}{4}$ względem pierwotnego swego położenia, to nam da na

jedną dobę wielkość $= \frac{50''\,^1/_4}{365\,^1/_4}$; z drugiej strony jednak z całego okręgu koła na jedną dobę przypada łuk $\frac{360^0}{365^1/_4}$. Jasnem jest, że ile razy poprzedzająca liczba, wyrażająca przesunięcie punktu wiosennego w ciągu doby, mieści się w całym łuku, przypadającym na jedną dobę, tyle lat potrzeba będzie, aby punkt wzmiankowany wyszedł z granic doby. To wyniesie, jak łatwo obliczyć, 25791 lat. Tedy w ciągu całego okresu platonicznego punkt wiosenny musi znajdować się ciągle w obrębie jednej i tej samej doby, jeżeli za miarę czasu przyjmujemy rok zwrotnikowy.

§ 35. **Kalendarz.** Ponieważ rok zwrotnikowy jest równy 365 dobom 5 god. 48 min. 46 sek., gdyby więc tej liczby trzymać się ściśle, wypadłoby nam rozpoczynać nowy rok o rozmaitych godzinach i minutach dnia, co jest w życiu praktycznem niemożliwe. Z tego powodu przyjęto liczyć rok okrągłe 365 dni, lecz dla wyrównania powstałego stąd błędu umówiono się dodawać lub skreślać pewne dni lat bieżących tak jednak, ażeby pierwszy dzień wiosny stale wypadał w dniu 21 Marca każdego roku. Taki lub inny sposób liczenia czasu nazywamy *kalendarzem*. Rzymianie, przyjąwszy od Egipcjan rok jako 365 dni, spostrzegli, że ich wielkie święto wiosenne nie wypada w chwili przejścia słońca przez punkt porównania, lecz że z każdym rokiem dzień święta opóźnia się. W roku 46 przed Chr. Juliusz Cezar, idąc za radą astronoma Sozygenesa, wprowadził reformę kalendarza i postanowił, aby co cztery lata dodawać jeden dzień dla poprawy kalendarza. Rok z dodanym dniem nazwano *bissextilis* czyli *przestępnym*. Ta reforma nie była doskonałą, gdyż w ciągu stulecia dodawano 25 dni, co razem wynosiło 36525 dni, a więc na jeden rok wypadało za dużo, przeciętnie 365, 25 dni. Liczba ta jest dobra, gdy za jednostkę przyjmiemy rok gwiazdowy, skoro zaś chcemy, aby wiosna wypadała stale w jednym dniu, musimy przyjąć rok mniejszy zwtotnikowy, jako 365, 2422... dni. Reforma kalendarza, przyjęta przez Rzymian, nie czyniła zadość warunkom stałości pierwszego dnia wiosny. Już w IV stuleciu po Chr. pierwszy dzień wiosny przeszedł na dzień 18 Marca. W roku 325 po Chr. zebrał się wielki sobór chrześcjański w mieście Nikei w Azyi Mniejszej; między innemi sprawami zajęto się także ścisłem określeniem zasady świętowania Wielkanocy. Skreślono z kalendarza trzy dni nadliczbowe i odniesiono pierwszy dzień wiosny na 21 Marca, lecz i nadal przyjęto, aby Kościół trzymał się kalendarza juliańskiego.

Taki stan trwał do czasów papieża Grzegorza XIII. Papież ten, widząc niezgodność wyznaczania dnia Wielkanocy z postanowieniem soboru nicejskiego, ogłosił konieczność reformy kalendarza. Rozesłano zaproszenia do wszystkich uniwersytetów, nie wyłączając od udziału i naszej akademji krakowskiej. Po długich naradach przyjęto projekt Sorbony paryskiej. Grzegorz XIII niezwłocznie ogłosił dekret, w którym po 5 Października 1582 roku rozkazano w kościele katolickim liczyć 15 Października. Tym sposobem wyrzucono z kalendarza nadliczbowe 10 dni; oprócz tego zalecono, ażeby z lat stuleci tylko te uważać za przestępne i dodawać jeden dzień w roku, kiedy pierwsze dwie cyfry przedstawiają liczbę, dzielącą się przez 4 bez reszty. Skutkiem przyjętej zasady lata 1700, 1800, 1900 są zwyczajne, zaś 1600, 2000, 2400,... uważane są za przestępne. Taką zasadę liczenia czasu powszechnie przyjęto nazywać kalendarzem gregorjańskim. Według tego kalendarza w ciągu 400 lat liczy się 303 lat zwyczajnych oraz 97 lat przestępnych, co razem daje 303.365 + 97.366 = 146097 dni. Z tego na jeden rok wypada przeciętnie 146097 : 400 = 365,2425 dni. Ta liczba przewyższa prawdziwą wartość roku o 0,0003 dnia i dopiero po upływie 3300 latach błąd wzrośnie do 1 doby, przesuwając dzień wiosny na 20 Marca. Po tak długim okresie kalendarz musi być znowu poprawiony. Tymczasem kalendarz gregorjański swoją łatwością, prostotą rachuby przewyższa wszystkie inne sposoby liczenia czasu i został skwapliwie przyjęty przez wszystkie narody cywilizowane, jako najlepszy. Po ogłoszeniu reformy kalendarza przyjęto go z uznaniem w całym świecie katolickim. Na ziemiach polskich wprowadzono nowy kalendarz bez żadnej zwłoki za panowania wielkiego króla Stefana Batorego. Ze względów wyznaniowych nie przyjęły reformy kalendarza ludy protestanckie oraz wschodnie. W Prusach zaprowadzono reformę kalendarza dopiero w XVIII stuleciu, a w kościołach wschodnich żadnych zmian w rachubie czasu nie przyjęto do XX stulecia.

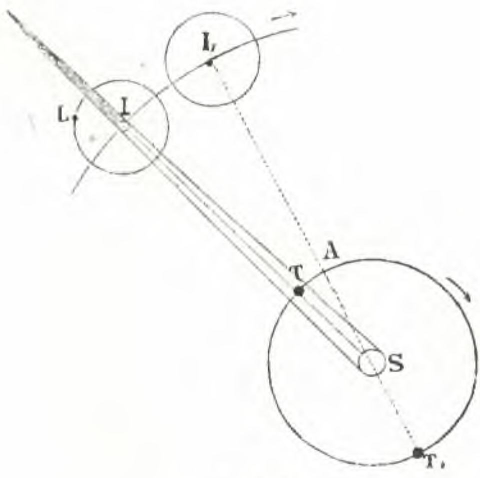
Nierówności kalendarzowe. Zwyczaje codziennego życia wprowadziły od niepamiętnych czasów podział roku na 12 miesięcy, co wynosi 52 tygodnie i 1 dzień w roku zwyczajnym, oraz 52 tygodnie i 2 dni w roku przestępnym. Ten nierówny podział wnosi do kalendarza pewne nieprawidłowości, o których tutaj pomówimy. Gdyby rok składał się tylko z 12 miesięcy, każdy po 4 tygodnie, czyli razem z 48 tygodni, to jasnem jest zupełnie, że w każdym dniu każdego miesiąca wypadałby zawsze jeden i ten

sam dzień tygodnia t. j. gdyby pierwszy dzień miesiąca wypadł w Poniedziałek, to zawsze pod tą datą mielibyśmy Poniedziałek. Lecz przy takiem założeniu rok zawierałby tylko 28 × 12 = 336 dni, a więc o 29 dni mniej, niż powinno być prawdziwie. Te 29 dni wprowadzają nierówność kalendarzową, będącą przyczyną tego, że dni każdego miesiąca corok przypadają na inne dni tygodnia, czyli corok przesuwają się o jeden dzień naprzód. Z tego objaśnienia widoczna, że dopiero 29-ty z kolei rok powtórzy bez żadnych zmian wszystkie dni kalendarzowe z okresu poprzedzającego. Należy zauważyć, że opuściliśmy z uwagi lata przestępne, które następują po każdych trzech latach zwyczajnych. Lecz ponieważ w okresie 29 lat będzie 7 lat przestępnych, a każdy rok da jeden dzień dodatkowy, tedy 7 dodatkowych dni razem utworzy jeden pełny tydzień, co tem samem niemoże wpłynąć na wyżej wypowiedzianą kolejność dni tygodnia w odpowiednich datach miesiąca. Tak więc widzimy, że 28 lat stanowi pełny okres, po którym wszystkie daty mają zupełnie te same dni tygodnia. Ten okres 28 lat nazywają *cyklem słonecznym.* Taki okres czasu ma praktyczne zastosowanie w uprzedniem oznaczaniu dat Wielkanocy. Sobór Nicejski postanowił, że *Wielkanoc ma być w pierwszą niedzielę, jaka wypada po tej pełni księżyca, która następuje zaraz po porównaniu wiosennem;* jeżeli zaś wyjątkowo pełnia zdarzy się w niedzielę to Wielkanoc odkłada się na następną niedzielę.

Dokładne oznaczenie dnia Wielkanocy wymaga jeszcze znajomości *epakty,* co oznacza ilość dni jaka przebiegła od ostatniego nowiu księżyca do 1-go dnia nowego roku. Astronom ateński *Meton* (V wiek przed Chr.) pierwszy spostrzegł, że 235 miesięcy księżycowych prawie ściśle odpowiadają 19 latom zwrotnikowym; a więc po upływie 19 lat, które nazywają się *cyklem Metona,* nów księżyca wraca na te same dni miesiąca, co i w okresie poprzedzającym.

§ 36. **Równanie światła.** Równaniem światła nazywa się ilość czasu, którego światło potrzebuje na przebieg od słońca do ziemi. Ścisła znajomość tej wielkości, otrzymana ze spostrzeżeń astronomicznych, uczyni zbytecznem mierzenie paralaksy, albowiem gdy oprócz tego ze zjawisk na powierzchni ziemi poznamy szybkość światła, wówczas, mnożąc liczbę, wyrażającą równanie światła, przez szybkość, otrzymamy odległość słońca od ziemi. Z dzisiejszych obliczeń wynika, że światło przebiega w $8^m\ 15^s$ całą odległość od słońca do ziemi, więc też wszystkie zjawiska, które widzimy na powierzchni słońca w rzeczywistości zachodzą

o 8^m 15^s wcześniej. Zastanowimy się teraz nad tem, jakie zjawiska dają nam możność obliczyć równanie światła. Pierwszym do tego zdążającym środkiem jest mierzenie aberacji w odniesieniu do słońca. Drugim zaś sposobem jest spostrzeżenie zaćmień. Tą drogą po raz pierwszy obliczył równanie światła duński astronom Roemer w r. 1676, spostrzegając zaćmienia księżyców Jowisza. Najbliżej położonym księżycem Jowisza był wówczas *Jo*, obiegający planetę w 42 god. 27 m. 33 s. (w roku 1892 odkryto 5-ty księżyc, jeszcze bliżej położony). Na rys. XLII widzimy, że gdy ziemia jest w punkcie *T*, a Jowisz w *J*, wówczas Jowiszowy księżyc *L*, wchodząc w stożek cienia, ulega zaćmieniu. Jeżeli po-



rys. XLII.

wtórnie spostrzegać chwilę zaćmienia tego samego księżyca, podczas gdy ziemia, obiegając swą drogę, znajdzie się w punkcie T_1, to początek zgóry obliczonego zaćmienia wypadnie prawie o 16^m 36^s później, aniżeli to było przewidywane rachunkiem. Opóźnienie wywołane było tem, że światło musiało przebiec dodatkowo linję AT_1, prawie równą podwójnej odległości ziemi od słońca. Stąd Roemer obliczył, że równanie światła wynosi 8^m 18^s. Liczba ta tylko o 3 sek. przewyższa wielkość, którą dziś znamy.

V. SŁOŃCE, KSIĘŻYC I ICH ZAĆMIENIA.

§ 37. **Słońce.** Słońce jest ciałem środkowem w układzie planetarnym, jest ono źródłem energii i życia. Ta potężna kula świetlana cicho i spokojnie mknie w przestrzeni wszechświata, wlokąc za sobą nieodłączną świtę planet. Spokój, widziany przez nas na słońcu, jest tylko pozornym; w rzeczywistości zaś tak wewnątrz, jak i na powierzchni słońca grzmi i wre straszny, niepojęty ruch, odbywa się nadludzka praca w tej kuźni niebieskiej. Gdyby ta praca słoneczna na chwilę ustała, wynikiem tego byłaby śmierć całej naszej przyrody. Podobnie jak dziecię, rozpoznając własne otoczenie, najpierw poznaje słońce, nie wiedząc jeszcze nic o wszechświecie, tak samo ludzkość w zaraniu swego istnienia znała już słońce. Wszystkie ludy pierwotne oddawały cześć boską naszej gwiazdzie dziennej; ślady tego kultu pozostały nawet u Rzymian, narodu najbardziej oświeconego w starożytności. Kult Apollina i święto pierwszego dnia wiosny dowodzi, jak uwielbiały słońce ludy starożytne.

Dzisiaj wiemy, że światło, ciepło, elektryczność i życie organiczne zawdzięczamy jedynie słońcu. Astronom Zoellner bardzo ściśle wymierzył, że siła światła słonecznego 619000 razy przewyższa światło księżyca w pełni. Ażeby porównać to światło z świecą normalną powiemy, że najsilniejsza lampa elektryczna łukowa, zastępująca 10000 świec, na odległości około dwóch decymetrów oświetla tak, jak słońce świeci z niezmiernej odległości swojej. Temperatura słońca na samej powierzchni wynosi około 7000° C. Ciepło rozprasza się w bezgranicznej przestrzeni, lecz do nas dochodzi jeszcze duży jego zasób. Obliczono, że każdy kwadratowy metr powierzchni ziemi otrzymuje w ciągu jednej sekundy 0,288 kaloryj (*kalorją* nazywamy ilość ciepła, której potrzeba użyć, ażeby 1 kilogram wody przy 0° ogrzać na 1° C.). Okazuje się, że ta ilość ciepła, którą otrzymuje 1 metr kw. w 1 sek., zdolna jest wykonać pracę podniesienia jednego kilograma na wysokość 124 metrów w ciągu sekundy. Trzeba jednak wiedzieć jeszcze, że połowę otrzymywanego przez ziemię ciepła pochłania nasza atmosfera, a więc, chcąc mieć miarę ciepła na granicach atmosfery, trzeba powyżej wzmiankowane liczby podwoić. Porównawszy tym

sposobem ciepło na powierzchni słońca z tem, co otrzymuje całkowita powierzchnia ziemi, dojdziemy, że słońce wysyła w przestrzeń 2500 milionów razy więcej energii cieplikowej, aniżeli pobiera ziemia. Lecz nie tylko światło i ciepło mamy od słońca, wiemy, że bezustannie płynie z słońca i energia elektryczna w postaci fal, powodujących odpychanie warkoczy komet, zorze polarne i burze magnetyczne, dziś dobrze znane i bardzo dokładnie śledzone w wielu punktach powierzchni ziemi. Co jest jednak najbardziej dla nas zagadkowem, to ten fakt, że słońce jest siedliskiem powszechnego ciążenia. Przyczyny tej siły bliżej nie znamy.

Przed tem nim zajmiemy się fizyczną budową słońca, zatrzymamy uwagę, nad sposobami wyznaczenia odległości ziemi od słońca oraz wymiarami bryły słonecznej.

Jeżeli przyjąć odległość ziemi od słońca za jednostkę, to niebędzie żadnej chwiejności, ani żadnych utrudnień, ażeby wyznaczyć, w stosunku do przyjętej jednostki, odległości wszystkich innych planet względem słońca. Do tego celu służyć może prawo, o którem będzie mowa później, a które wyraża zależność pomiędzy odległością i czasem pełnego obrotu dokoła słońca. Tą drogą uzyskano następujące liczby:

	Odległość od słońca
Merkury . .	0,38710
Wenus . . .	0,72333
Ziemia . . .	1,00000
Mars	1,52369
Eros	1,46000

Lecz tym sposobem rozwiązano tylko połowę zagadnienia, gdyż niewiadomą tutaj pozostała jednostka. Usiłowania astronomów skierowane zostały ku temu, ażeby ocenić odległość słońca od ziemi w miarach bezwzględnych, to jest w kilometrach. Ażeby wytłomaczyć, jaką drogą powyższe zagadnienie można najłatwiej rozwiązać, przedstawimy na rysunku (rys. XLIII) chwilę połączenia planet z ziemią; to znaczy, że wybieramy takie położenia, kiedy wzmiankowane planety są razem z ziemią po jednej stronie

słońca i prawie na jednej prostej. Niech *S* oznacza położenie słońca, *M* Merkurego, *W* Wenery, *Z* ziemi i *N* Marsa. Z powyżej wzmiankowanej tablicy łatwo wypływa, że $ZM = (1 - 0{,}3871)\, x = 0{,}6129\, x$, gdzie x wyraża odległość ziemi od słońca. Podobnie



rys. XLIII.

odległość Wenery od ziemi w chwili połączenia będzie $ZW = 0{,}27667\, x$, i Marsa $NZ = 0{,}47631\, x$. Niepotrzeba bynajmniej, ażeby wszystkie wymienione planety jednocześnie były w połączeniu z ziemią; zupełnie wystarczać będzie, jeżeli przynajmniej jedna z powyższych planet przechodzi w złączeniu z naszą ziemią. Gdy uchwycimy moment złączenia planety Wenus i obliczymy paralaksę poziomą tej planety, wówczas sposobem, wyłożonym na poprzedzających stronicach [str. 33 (α)], znajdziemy odległość Wenery w chwili połączenia z ziemią, jako *d*. Jasnem będzie, że cała odległość ziemi od słońca wyrazi się tak

$$x = \frac{d}{0{,}27667}.$$

Gdyby zamiast planety Wenus spostrzegać chwilę połączenia Marsa z ziemią i dla tej chwili obliczyć paralaksę poziomą Marsa, natenczas odległość ziemi od słońca wyrazi się jako

$$x = \frac{k}{0{,}47631},$$

gdzie *k* jest odległość Marsa od ziemi w chwili złączenia. Dolne planety, jak Merkury i Wenus, w chwilach połączeń odwracają się swemi ciemnemi stronami ku ziemi, stąd też wówczas nie są przez nas widziane. Możemy tylko korzystać z tych chwil, kiedy te dwie planety przechodzą przez tarczę słońca. Na ten ważny fakt zwrócił uwagę po raz pierwszy astronom Halley w r. 1677. Ujemną stroną spostrzeżeń nad Wenerą są stosunkowo rzadkie przejścia przez tarczę słońca w okresach lat $105\frac{1}{2}$, 8, $121\frac{1}{2}$, 8. Następnie, wielkie trudności uzyskania ścisłych danych przy dostrzeganiu przejść Wenery sprawiają to, że już dziś wielu astronomów uważa to zjawisko za zbyt mało celowem. Zwrócono się do

innych sposobów oznaczenia odległości ziemi od słońca. Połączenia Marsa z ziemią zdarzają się stale w odstępach około dwu lat i przedstawiają chwile więcej dogodne do wyznaczenia szukanej odległości, aniżeli przejścia Wenery. Astronomowie usiłują bardzo ściśle wyznaczyć paralaksę poziomą Marsa w chwili połączenia z ziemią i następnie obliczają dla tej chwili odległość Marsa od ziemi. Uzyskawszy te dane, obliczamy odległość słońca od ziemi sposobem wyżej objaśnionym. Jeszcze więcej dogodną planetą dla obliczania szukanej odległości jest mała planetka Eros. Podczas gdy Marsa widzimy przez lunetę jako krążek, to planetoida Eros, skutkiem drobnych wymiarów, ukazuje się w lunecie jako punkt; to daje możność uniknięcia tych błędów obserwacyi, jakich niepodobna prawie uniknąć przy większych wymiarach krążka. Porównanie wszystkich wyników, otrzymanych rozmaitemi drogami dla odległości słońca od ziemi dało przeciętną, najprawdopodobniejszą wielkość paralaksy poziomej słońca jako 8″,80, a więc średnia odległość wynosi 23439 promieni ziemi, czyli 149 501 000 kil., prawie równa się 20 milionom mil geograficznych.

Wielkość paralaksy poziomej wskazuje, że średnica ziemi widziana będzie z słońca pod kątem 2.8″,80 = 17″,6. Odwrotnie, średnica słońca widziana z ziemi przedstawia się przeciętnie jako 32′ = 1920″. Stąd wypada, że stosunek średnic słońca i ziemi będzie

$$1920 : 17{,}6 = 109.$$

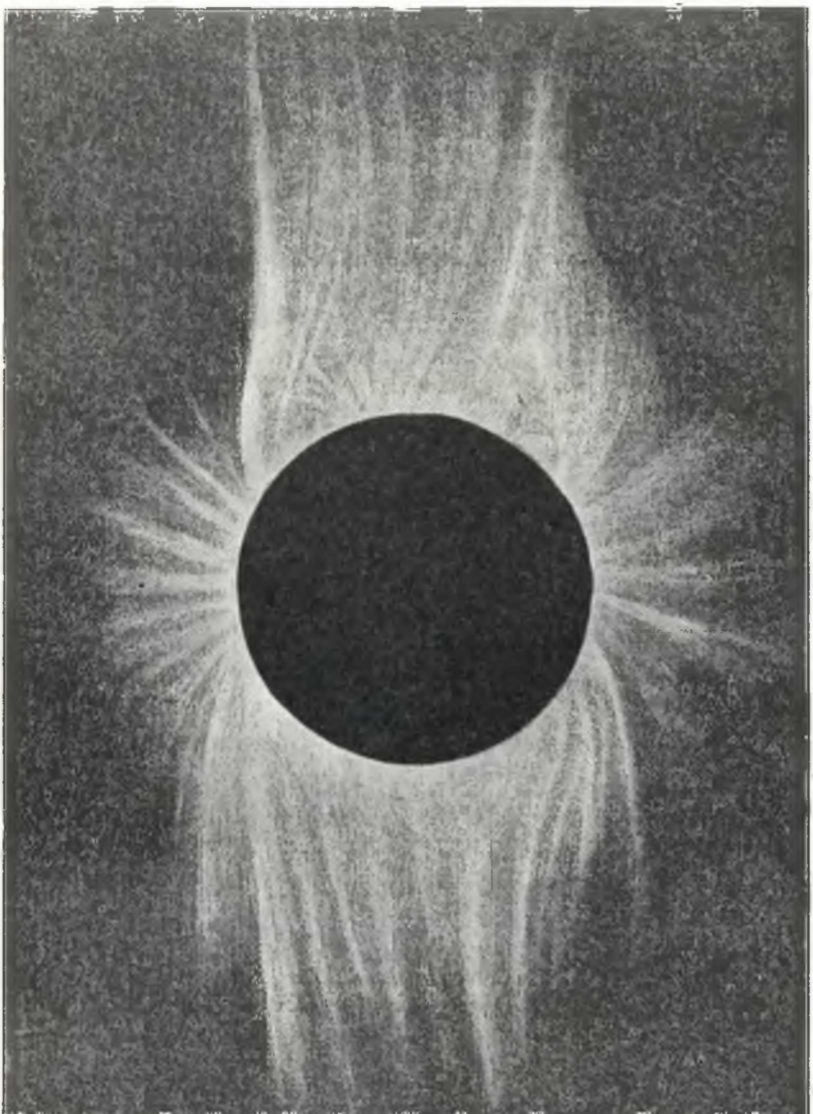
Tedy promień słońca 109 razy przewyższa promień ziemi, jest więc równy 695 740 kilom. Ponieważ powierzchnie kul są proporcjonalne do kwadratów promieni, a objętości do sześcianów, skutkiem tego powierzchnia słońca $109^2 = 11881$ razy przewyższa powierzchnię ziemi, a objętość jest $109^3 = 1\,295\,029$ razy większa. Dodamy jeszcze tutaj, że najmniejsza odległość słońca w dniu 21 Grudnia wynosi 23046 promieni ziemskich, a największa odległość w dniu 22 Czerwca równa się 23832 promieniom. Plamy, widziane na powierzchni słońca, pozwalają wywnioskować, że kula słoneczna podlega obrotowi około swej osi w kierunku od Zachodu ku Wschodowi i po upływie 27 dni widzimy znowu te same części powierzchni słonecznej jak przedtem. Tedy 27 dni jest to synodyczny czas pełnego obrotu; ponieważ jednak i ziemia płynie w przestrzeni także w kierunku od Zach. ku Wsch., skutkiem tego prawdziwy czas obrotu słońca około osi będzie tylko $25^1/_4$ dni, jest to zarazem czas obrotu około osi jądra słonecznego. Te

liczby uzyskano przy pomocy bezpośrednich obserwacyj okolic równikowych słońca. Co się tyczy podbiegunowych okolic powierzchni słońca, to tutaj bezpośrednie obserwacje niedają nic, z powodu braku plam przy biegunach. Lecz nauka znalazła sposoby uzupełnienia i tych braków. Przyrząd widmowy dyfrakcyjny pozwala mierzyć długość fal światła. Otóż porównanie długości fal w dwu przypadkach, gdy źródło światła jest w spokoju, albo też, gdy podlega ruchowi obrotowemu, dało możność wyznaczenia szybkości obrotu. Porównywając setki spostrzeżeń, wyśledzono, że pod biegunami słońca całkowity obrót kończy się w ciągu $38^1/_2$ dni, w średnich szerokościach wynosi 33 dni i pod równikiem $25^1/_2$ dni. Wniosek z tego wypada bardzo ważny, że kula słoneczna nie jest jednolicie spojonem ciałem, lecz przedstawia na powierzchni zbiorowisko luźnych ciał gazowych, otaczających jądro wewnętrzne. Te obliczenia dały możność dokładnego oznaczenia położeń równika słonecznego, który, jak się okazało, wypada zawsze blisko płaszczyzny ekliptyki ($\angle$ 6°). Podobnie jak ziemia posiada środek ciężkości nie w środku geometrycznym, tak też i słońce, prawdopodobnie, nie ma symetrycznie rozmieszczonej masy, a oprócz tego materja słońca podlega ustawicznym niezmiernym zaburzeniom. To wszystko jest bezpośrednią przyczyną ciągłych zmian i wahań środka ciężkości bryły słonecznej. Tak samo i środek ciężkości układu planetarnego bezustanku zmienia swe położenia wewnątrz słońca. Jeżeli do tego wszystkiego dodamy jeszcze wielką bezwładność materyi słonecznej, jako złożonej przeważnie z metali, to łatwo wyobrazimy sobie, jak wielkie, potężne przypływy i odpływy odbywają się wśród materyi słońca. Takie przypływy i odpływy, podobnie jak na ziemi, muszą zachodzić perjodycznie. Jakkolwiek takie zjawiska na słońcu nie są jeszcze zbadane, to jednak niewątpliwie na tej drodze szukać musimy objaśnienia zmiennej działalności słońca w okresach kilkunastoletnich; na tej także drodze poszukiwać należy wytłomaczenia tego faktu, że zachodnia półkula słoneczna stale działa energiczniej od półkuli wschodniej. Ta nierówna działalność dwu wspomnianych półkul ujawnia się w czasie 27 dni synodycznego obrotu i potwierdza istnienie jądra. Oś słońca jest zawsze prawie prostopadłą do płaszczyzny ekliptyki ($\angle$ 84°). W czasie ruchu ziemi dokoła słońca kąt pomiędzy biegunem słońca oraz poprzecznikiem NS tarczy podlega zmianom. W dniu 4 Stycznia wspomniana odległość kątowa równa się 0°, podczas gdy w dniu 15 Stycznia zarówno jak i 25 Czerwca biegun słońca odchyla się od poprzeczni-

ka *NS* na 5° ku Wschodowi, 26 Stycznia i 14 Czerwca odchylenie bywa 10° ku Wsch. i t. d., aż nareszcie 5 Kwietnia odchylenie bieguna dochodzi do 26° 20′ ku Wsch. Dalej w dniu 6 Lipca odchylenie półn. bieguna słońca względem poprzecznika tarczy wynosi znowu 0°, potem 17 Lipca, podobnie jak 24 Grudnia, jest równe 5° ku Zach.; 29 Lipca, podobnie jak 15 Grudnia, odchylenie jest 10° ku Zach. i t. d. nareszcie 10 Października bywa powtórnie 26° 20′ ku Zach. Takim sposobem okres nachyleń bieguna słońca względem poprzecznika tarczy zmienia się dwa razy w ciągu roku. Ten szczegół jest ważny dla każdego obserwatora powierzchni słońca, gdyż tak ruch plam, jako też i rozmieszczenie ich na tarczy nie jest jednakowe w rozmaitych porach roku.

§ 38. **Fizyczna budowa słońca.** Poglądy na fizyczną budowę słońca nie są dotąd ustalone, gdyż wszystko, co widzimy, odbywa się tylko na powierzchni słońca w odległości 696 000 kilometrów od środka. Wątpić można, czy kiedykolwiek sięgniemy umysłem do tych niezmiernych głębin słonecznych; nad temi przepaściami stanąć musimy bezradni. Przejrzyjmy przynajmniej to, co nam przyroda pozwoliła zbadać i odsłońmy rąbek tych tajemnic. Plamy na słońcu dostrzedz można już przez małe lunety, jednak gdy chodzi o dokładne oglądanie całej powierzchni, wówczas pożądanymi będą jak największej siły teleskopy, zaopatrzone w bardzo delikatne przyrządy, pochłaniające nadmiar światła i gorąca. Na zewnętrznej powłoce słońca dają się zauważyć następujące szczegóły: *a) korona słoneczna, b) chromosfera, c) fotosfera, d) granulacje, e) pochodnie, f) plamy, g) półcienie, h) mostki, i) pory, k) kratki fotosferyczne, l) wybuchy.*

a) Korona słoneczna. Korona słońca jest jego nikłą atmosferą, która oddziela bryłę słoneczną od pozostałej przestrzeni wszechświata i bierze udział w ruchu obrotowym około osi. Ta korona bywa podzielona na części błyszczącymi promieniami, włóknami i potokami światła, rozbiegającego się we wszystkich kierunkach. Korona widoczną bywa tylko w czasie zaćmień słońca, jako piękny świetlany wieniec dokoła chromosfery, odmienny w szczegółach przy każdem kolejnem zaćmieniu. Części bliższe globu słonecznego błyszczą trochę mocniej, lecz nie tak silnie jak wyskoki, które są widoczne na samych brzegach ciemnej tarczy. Części korony, więcej oddalone od słońca, wydają coraz słabsze światło fosforyczne, niekiedy na wielkiej jeszcze odległości od słońca. Załączamy tutaj fotografię korony słonecznej, podczas całkowitego zaćmienia na wyspie Sumatrze w 1901 roku. (rys. XLIV).

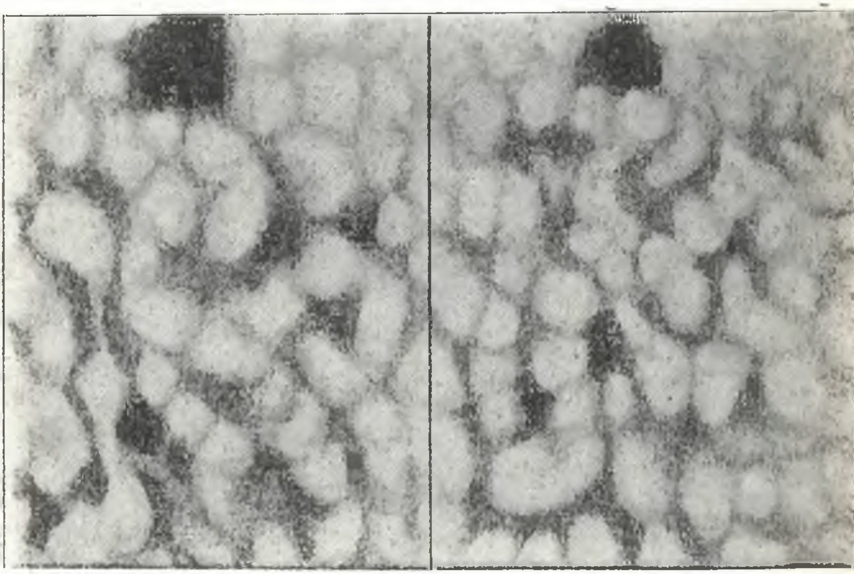


rys. XLIV.

Korona słońca, widziana podczas zaćmienia na Sumatrze 1901 r.

b) Chromosfera. Chromosferą nazywa się pierwsza warstwa barwy różowej, idąca tuż poza koroną i oddzielająca tę ostatnią od fotosfery. Grubość tej warstwy barwnej jest zmienna i zależy od mniejszej lub większej działalności słońca. Gdy słońce jest bardzo wzburzone, wówczas widziana z ziemi grubość chromosfery wynosi od 8″ do 10″ a nawet czasem dochodzi do 15″. Gdy słońce jest więcej w spokoju, to widziana grubość całej powłoki chromosferycznej nie przenosi od 3″ do 4″, co jest równem około 3000 kilom. W chromosferze zachodzą wszystkie wybuchy rozpalonych gazów, spostrzegane w czasie zaćmień.

c) Fotosfera. Fotosferą nazywa się następna świetlana powłoka nieznanej grubości i utworzona z mas rozpalonych do białego, któremi są: granulacje i pochodnie. Tedy fotosfera tworzy tę powierzchnię słońca, którą zawsze bezpośrednio widzimy.



rys. XLV.

d) Granulacje. Powierzchnia słońca jest usiana jasnemi plamkami, które mają podobieństwo do ziarn i noszą nazwę granulacyj. Kształt tych ziarn jest rozmaity, przeważa jednak forma sferyczna, jak to widzimy na załączonym rysunku (rys. XLV). Rysunek ten przedstawia fotografię granulacyj wraz z grupą plam.

Granulacje oddzielają się, jak widzimy, ciemnymi paskami.

e) Pochodnie. Pochodniami nazywają się jasne plamy, świecące silniej od pozostałych części słońca, i pojawiające się zawsze w pobliżu plam ciemnych. Ścisłe badania widmowe, które przeprowadził Janssen wykazały, że i pochodnie mają budowę granulacyjną, ziarnka te jednak są drobniutkie i bardzo zacieśnione, a tem samem trudno dostrzegalne. Jednem słowem, pochodnie są to części powierzchni słońca bardziej natężone i energiczniejsze w porównaniu z innemi okolicami na tej samej powierzchni. Zauważono, że gdy pochodnia pojawia się na granicach tarczy słonecznej, wówczas staje się widzialna jako wybuch. Zdaje się więc, że pochodnie i wybuchy są w rzeczywistości jednem i tem samem zjawiskiem, widzianem raz na krańcach, a innym razem na samej tarczy słonecznej. Badania, przeprowadzone w ostatnich dziesięcioleciach, okazały, że w ciągu kilku lat południowa półkula słońca gęściej bywa usiana pochodniami, aniżeli półkula północna, więc południowa półkula działa energiczniej. W ciągu następnych kilku lat role półkul zmieniają się i północna działa z większą energią, bywa gęsto pokryta pochodniami. Mamy tutaj widocznie pewne przypływy i odpływy, i gdy następne badania potwierdzą taką okresowość zmian, uzyskamy stąd pewny dowód, że słońce posiada jądro.

f) Plamy. Plamy słońca są to najciekawsze i najważniejsze twory na jego powierzchni, ukazujące się tylko w strefach podrównikowych. Zwykły kształt plam jest okrągły, bywają jednak plamy wydłużone, kształtu niekiedy bardzo nieprawidłowego. Okrągłe plamy, gdy z środka posuwają się ku krawędziom tarczy, stają się eliptycznemi skutkiem warunków perspektywy w czasie obrotu kuli słonecznej. Plamy wydają się ciemnemi; porównania fotometryczne wykazały, że światło plam jest 100 razy słabsze od światła pozostałych części powierzchni. Tym sposobem otrzymuje się, że, jeżeli światło słońca 619000 razy jest silniejsze od światła księżyca w pełni, to światło plam 6190 razy przewyższa światło pełni. Gdyby więc cała tarcza słońca pokryta była plamami, to jeszcze i tak światło gwiazdy dziennej byłoby względnie mocne. Pomiary ciepła okazały przeciwnie, że plamy są znacznie gorętsze od innych części powierzchni i oprócz tego każda z plam zdolna jest wywołać silne zmiany magnetyczne na powierzchni ziemi, ujawniające się w niespokojnych ruchach igły magnesowej. Na rysunku XLVI przedstawiona jest fotografia grupy plam na tarczy słońca, a na rys. XLVII plamy są przedstawione osobno. Plamy ożywione są powolnym ruchem własnym i utrzymują się

na powierzchni dość długo; niektóre znikają szybko już po kilku godzinach, inne pozostają podczas całego obrotu słońca około osi, a nawet bywały wielkie plamy widziane podczas pięciu obrotów około osi. Tak było w roku 1892; gdy ta wielka plama w dniu



rys. XLVI.



rys. XLVII.

12 Lutego przeszła średni południk słońca, najbardziej zwrócony ku ziemi, zaraz wszystkie obserwatorja zanotowały niezwykłe burze magnetyczne w postaci ciągłych drżeń igły magnesowej.

A w dniu 14 Lutego zajaśniała wspaniała zorza polarna, widziana niemal w całej Europie. Jednocześnie z tem ujawniły się i wpływy elektryczne: aparaty Morse'a w owej chwili były w Europie mało przydatne do użytku, gdyż wydawały mimowolne stukania i tworzyły sygnały, że tam na słońcu dzieją się jakieś wielkie zaburzenia. Oprócz plam widocznych astronom Trouvelot dowiódł, że na powierzchni słońca istnieją jeszcze plamy niedojrzałe t. j. słońce wyraźnie w pewnej okolicy ujawnia dążenie do utworzenia plamy, lecz po kilku daremnych wysiłkach zamiar ten niknie. Trouvelot nazwał to zjawisko *plamami ukrytemi*. Co się tycze rozmiarów plam, to wymierzono, że poprzeczniki plam bywają bardzo rozmaite, począwszy od 50 kilom. aż do 250 000 kilom. W tak obszernych granicach zmienia się rozciągłość plam i niektóre z nich wymiarami swemi daleko przewyższają ziemię, a nawet i planetę Jowisza. Zebrawszy teraz wszystko to, co wiemy o plamach, możemy objaśnić, czem są właściwie te zagadkowe, przelotne twory na powierzchni słońca. Był czas, gdy większość astronomów widziała w plamach chmury słoneczne, utworzone przez pary metaliczne. Gdy się jednak okazało, że plamy niekiedy długo pozostają, czasem nawet przez rok cały z małemi zmianami, utożsamianie więc plam z chmurami i obłokami wydało się mało prawdopodobnem. Astronom Faye a za nim inni wytłomaczyli powstawanie plam bardzo trafnie i, zdaje się, zupełnie zgodnie z prawdą. Plamy są to wielkie wiry w gazach fotosfery i skutkiem tego przedstawiają wklęsłe lejki. Przez tak utworzony lejek, z powodu zmniejszonego ciśnienia wybucha z wewnątrz gęstsza materja słońca pod postacią par metali, dając chwilowy, zmienny obłok ponad otworem jako jądro plamy. Tak wielkie zaburzenie dokoła powstałego wiru jest bezpośrednią przyczyną, że w okolicach plam piętrzą się w wielkiej liczbie wzdęcia w górę czyli wypukłości rozpalonych gazów fotosfery, widziane jako pochodnie, stale sąsiadujące z plamami. Z tego objaśnienia widzimy, że plamy można utożsamiać z wulkanami. Lejek wiru jest to krater, z którego natychmiast po utworzeniu z straszną siłą i prężnością wyrywają się z wewnątrz pary metaliczne. Wir może długo pozostawać w miejscu, czego przykładem służą nam wiry w atmosferze ziemskiej oraz wiry stałe w wodach oceanów.

Wszystkie zjawiska na powierzchni słońca, jako to: kształty korony, rozciągłość chromosfery, pochodnie, granulacje, wybuchy i plamy podlegają okresowym wahaniom i zmianom natężenia. Najbardziej jednak widoczne zmiany, w ściśle oznaczonym okresie,

należą do plam słońca. O tych okresach pomówimy w tem miejscu. Wspominaliśmy już, że jeden okres zmian przypada jednocześnie z 27 dniowym synodycznym obrotem słońca i zdaje się, że potwierdza istnienie jądra płynnego wewnątrz słońca. Oprócz tego daje się spostrzegać jedenastoletni okres działalności słonecznej. Myśl o istnieniu tego okresu wypowiedział poraz pierwszy Szwabe w r. 1843, a Wolff w Zurychu dowiódł na zasadzie bardzo dokładnych spostrzeżeń, że okres częstości plam na słońcu równa się 11,3 lat. Lecz pojawienie się największej ilości plam nie podlega tak ścisłym prawom, jak naprzykład ruchy planet. Bardzo często, tak zwane, *maksimum* plam opóźnia się lub wyprzedza o trzy miesiące, niekiedy nawet o rok cały, względem teoretycznych obliczeń z góry. Po za okresem największości, co kilka lat, następuje najmniejszość plam czyli *minimum*. Następnie okazało się jeszcze, że pięć jedenastoleci wyraża okres wzmocnienia *maksimum* i osłabienia *minimum*. Najzupełniej stwierdzona jest zależność okresu wahań igły magnesowej od okresów plam słońca. Setki wykreślonych diagramów dają nam pewność istnienia tego prawa. Zdaje się także, że istnieje zależność meteorologicznych zjawisk na powierzchni ziemi od okresu mniejszej lub większej działalności słońca. Dwudziestosiedmio-dniowy okres takiej zależności zdaje się być dziś stwierdzonym; co się tycze okresu jedenastoletniego, to tutaj badania nie są jeszcze ukończone. Trudności są duże z powodu jednoczesnego istnienia rozmaitych wpływów ubocznych. Jest jednak nadzieja, że statystyczne badania w ciągu długich okresów czasu dadzą nam w przyszłości niezawodne prawa zależności okresu cyklonów, deszczu, lub okresu lat suchych i gorących, od zmienności plam słońca. Dodamy w końcu, że najbliższe *minimum* plam wypada w 1911 r., a *maksimum* 1916 r.

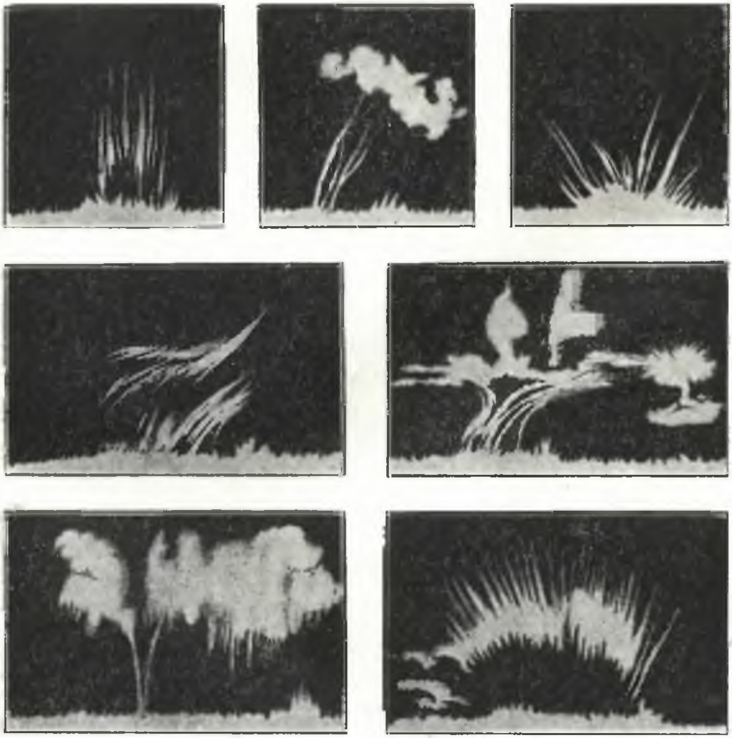
g) Półcienie. Półcieniem nazywa się szeroki nieco jaśniejszy kontur, który okrąża plamę, jak to widać na rys. XLVII. Półcień jest, niejako, poprzecinany włóknami, które skierowane są wszystkie do jednego punktu, do jądra plamy. Duże plamy zawsze otoczone bywają półcieniem, tymczasem małe plamy słońca, widziane w silnych teleskopach, pojawiają się często bez sąsiedztwa półcieni.

h) Mostki. Mostkami nazywają się świetlane, jaskrawe włókna, które chwytają plamę przed samym jej zniknięciem. Przez plamę przerzuca się naprzód jedno, potem kilka takich jasnych włókien, coraz grubszych, aż nareszcie plama, zalana potokami światła, znika bez śladu. Budowa mostków jest tak samo granulacyjna, jak i pozostałych części fotosfery.

i) Pory. Porami nazywamy ciemniejsze punkty na tarczy słońca, oddzielające między sobą jasne ziarnka granulacyj. Przez pory wybuchają pary metaliczne i gdy nagle wyrzucona jest z wewnątrz większa ilość tej pary, wówczas pora zamienia się na prawdziwą plamę.

k) Kratki fotosferyczne. Kratkami lub siatką nazwał Janssen te miejsca na powierzchni słońca, w których brak jest granulacyj i pochodni, natomiast występują bardzo drobne siatki linij jaśniejszych oraz ciemniejszych. Wspomniany wyżej astronom objaśnia powstawanie kratek potokami i strumieniami gazu, który porywa i odkształca ziarnka granulacyj w niektórych okolicach powierzchni.

l) Wybuchy lub *protuberancje.* Wybuchy są to nadzwyczajne wyskoki rozżarzonego gazu, widziane na krańcach tarczy tylko podczas całkowitych zaćmień. Są to potężne języki ogniste bar-



rys. XLVIII.
Wybuchy na krańcach tarczy.

wy różowo-fiołkowej lub szkarłatnej, widziane w chromosferze. Niekiedy te języki są tak wielkie, że przenikają po za chromosferę do korony słońca, a więc dochodzą do wysokości, mierzącej od 15″ do 20″; co stanowi od 11000 kilom. do 15000 kilom. Secchi nawet zauważył niektóre wybuchy, dochodzące od 1′ do 3′, co już dochodzi do 150000 kilom., a Young zmierzył wyjątkowy wybuch, mający 13′, to się równa 600000 kilom., czyli 47 razy przewyższa średnicę ziemi. Udoskonalone metody widmowe pozwalają spostrzegać i mierzyć wybuchy w czasie zwykłym, niemal codziennie; lecz tylko w chwili zaćmienia zjawisko to występuje najwspanialej, języki sięgają najdalej. Zazwyczaj wybuch niezmienia swego położenia na słońcu, lecz zdażało się również widzieć wyjątkowo wielkie wybuchy, szybko płynące na krańcu tarczy z chyżością 5500 kilometrów na sekundę. Zjawisko to należy do rzadszych.

§ 39. **Chemiczny skład słońca.** Jeszcze w pierwszej połowie zeszłego stulecia nikt nie przypuszczał, ażeby można było badać chemiczny skład ciał niebieskich. Już Frauenhofer dostrzegł w widmie płomienia świecy dwie jasne linje, zgodne, co do położenia, z podwójną ciemną linją *D* w widmie słonecznem. Linje te bardzo jasne otrzymać można, wprowadzając w płomień mięszaninę soli kuchennej i spirytusu. W roku 1855 Kirchoff wraz z Bunsenem przeprowadzili cały szereg badań nad widmami rozmaitych pierwiastków i odkryli wielkiego znaczenia analizę widmową. Kirchoff wytworzył widmo, puszczając pęczek promieni przez szczelinę lunety na pryzmat i następnie badał otrzymane widmo przez soczewki drugiej lunety. Okazało się, że rozżarzone gazy dają widmo ciągłe. Lecz gdy promienie przenikają znowu przez gaz, wówczas niektóre z promieni zostają pochłonięte i widmo przyjmuje postać, przerywaną gdzieniegdzie prążkami ciemnymi. To są linje Frauenhofera. Tak więc ciemne linje Frauenhofera w widmie słonecznem oznaczają, że niektóre z promieni pochłonięte zostały w atmosferze słońca, niektóre zaś mogą być pochłonięte w atmosferze ziemi. Pozostało zbadać, które linje należą do ziemi, a które do słońca, ażeby wyrobić sobie dokładne pojęcie, jakie to ciała wysyłają z słońca swe promienie. Cały szereg uczonych, jak Angström z Upsali, Fogel z Potsdamu, Thollon z Nicei i wielu innych zbadali widmo słońca we wszystkich częściach składowych i naliczyli 4020 ciemnych linij, których położenie jak najściślej zostało oznaczone. Gdy porównano te linje z jasnemi prążkami widm rozmaitych pierwiastków, to stało się wiadomem, że w zewnętrznej powłoce słońca są następujące ciała: Korona

słońca daje pewne linje widma, które nie należą do żadnego z dotąd znanych pierwiastków i są przypisane nieznanemu ciału *koronjum*. W chromosferze znaleziono *hel* i *wodór*. Wybuchy czyli tak zwane *protuberancje* składają się wyłącznie z rozżarzonego *wodoru*. Dalej w fotosferze wykryto w wielkiej ilości pary metaliczne: sodu, potasu, glinu, wapu, strontu, cynku, żelaza, niklu, kobaltu, chromu, baru, manganu, berylla, tytanu, palladu, miedzi, kadmu ceru i litynu, a także molibdenu, ołowiu i wanadu. Linje tlenu, jakkolwiek znajdują się w widmie słońca, to jednak przypisywane są atmosferze ziemskiej, gdyż znikają w miarę wznoszenia się na wysokie góry. Nie znaleziono na słońcu tak zwanych metaloidów, a także nie zauważono wcale złota, platyny, irydu, srebra, bizmutu i rtęci. Bardzo prawdopodobnem jest, że najcięższe i nieznane metale tworzą ognisto płynne jądro słońca, względnie nie wielkich wymiarów.

§ 40. **Stałość energii słońca.** Opisując budowę słońca nie zwróciliśmy uwagi jeszcze na jeden fakt. Czy niektóre z widzianych zjawisk nie należą do złudzeń optycznych? W rzeczy samej, najprostszy przykład objaśni nam możliwość takich złudzeń. Wiemy, że gdy słońce zajdzie zupełnie poniżej poziomu danego miejsca, to jeszcze przez pewną chwilę jest w całości widziane ponad poziomem i przytem kształt bryły słonecznej jest mocno zwiększony, wydaje się eliptycznym. Są to wszystko złudzenia wzrokowe powstałe wskutek refrakcji ziemskiej w atmosferze. Jeżeli więc słońce jest podobnie otoczone rozległą atmosferą, to promienie, zanim dojdą do oka spostrzegacza, wpierw przejść muszą przez gazy otaczające słońce, a więc podlegają przedewszystkiem refrakcji w atmosferze słońca. Stąd wniosek, że niektóre zjawiska, przynajmniej te, które widzimy na krańcach tarczy, w rzeczywistości zachodzić muszą gdzieś znacznie głębiej. Tak samo i plamy mogą być zjawiskami, ukazującemi się o wiele głębiej, aniżeli to w istocie spostrzegamy. Słuszność tego rozumowania jest niezaprzeczona i dowodzi, że zagadka budowy słońca jest znacznie więcej trudna i bardziej złożona, aniżeliśmy sobie dotąd wyobrażali. Co do wybuchów, widzianych podczas zaćmień na brzegach tarczy, zachodzi wątpliwość, czy istotnie możliwem jest, ażeby tak wielkie masy gazów wyrzucane bywały w ciągu kilku sekund na pół miliona kilometrów odległości od powierzchni. Ciśnienie z wewnątrz, które zdolne byłoby taką pracę wykonać, powinno przewyższać 75 milionów atmosfer. Czy jest to możliwe? Ta wątpliwość skłania nas do przyjęcia, że protuberancje

nie są prawdziwymi wybuchami, lecz że jest to raczej nagłe prześwietlanie masy gazu olbrzymią błyskawicą elektryczną. Wielkie zaburzenia na słońcu muszą odbywać się przy ciągłym udziale niezmiernych wyładowań elektryczności. To przypuszczenie najzupełniej potwierdza się przez zmienny włóknisty wygląd korony słonecznej. Korona słoneczna utworzona jest z bardzo lekkiego gazu, zwanego *koronjum*, którego nie mamy na ziemi z przyczyny wielkiej jego lekkości. Oprócz tego, jak wykazały badania polskiego astronoma Prażmowskiego w r. 1860 *), korona odrzuca światło spolaryzowane, a więc składa się z roju drobnych ciałek wysyłających światło odbite. Ten fakt pozwala nam objaśnić przyczynę odnawiania energii słońca. Gdyby na słońcu odbywało się palenie pewnej masy węgla kamiennego, wziętej w objętości słońca, to taka bryła spaliłaby się zupełnie w ciągu 25000 lat i oprócz tego corok temperatura spadałaby o 3°. Tymczasem spostrzeżenia w ciągu bardzo długich okresów czasu nie wykazały obniżenia temperatury słońca. Prostym wnioskiem z tego będzie przypuszczenie, że na słońcu nie istnieje palenie się materyi, zarówno jak i to, że energia słońca stale odnawia się. Już Newton przypuszczał, że ciepło słoneczne podsyca się przez spadek komet. Dopiero Robert Mayer, jeden z twórców mechanicznej teoryi ciepła, objaśnił, że spadek drobnych meteorytów, które z przestrzeni wszechświata poprzez koronę przenikają na słońce, podtrzymuje ciepło przez ciągłe uderzanie spadających ciałek. Objaśnienie to jest zgodne z istotnym stanem rzeczy, chociaż znalazło przeciwników. Utrzymywano, że ustawiczne powiększanie i narastanie materyi słońca odbiło by się wyraźnie na sile przyciągania planet, czego nie zauważono. Sprzeczność jest tylko pozorna. Nie należy zapominać, że słońce w swym postępowym ruchu w przestrzeni musi także gubić bardzo wiele cząsteczek materyi. Wszakże widzieliśmy, że na słońcu muszą zachodzić niezmierne wyładowania elektryczności. Dość będzie przypuścić, że dwie sąsiednie cząsteczki są naelektryzowane jednakową elektrycznością, ażeby zrozumieć to, iż jedna z nich będzie odepchnięta od drugiej. A więc materja słońca nie jest czemś stałem. Słońce gubi wiele swych cząsteczek, ale też i w zamian otrzymuje pewne, że tak powiemy, odszkodowania pod postacią spadku drobnych meteorytów, które tem samem podtrzymują równowagę w ilości materyi

*) Odpowiedni komunikat był ogłoszony w r. 1860 w *Comptes rendus* Akad. paryskiej.

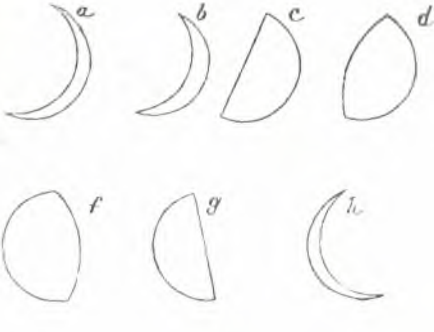
i w stratach ciepła. Inny uczony, nazwiskiem Helmholz, objaśnił podtrzymywanie stałości energii słońca faktem ciągłego kurczenia się słońca. Helmholz obliczył, że jeżeli masa wody, wzięta w objętości kuli słonecznej, pod wpływem tylko siły ciężkości skurczy się o 0,0001 część swej objętości pierwotnej, to wywiązane stąd ciepło zdolne byłoby podwyższyć temperaturę o 2860° C. Ta ilość wystarczyłaby jako zapas na 1000 lat, jednocześnie pozorna średnica tarczy słońca mogłaby tylko zmniejszyć się skutkiem opisanego skurczenia o 0,2″ w ciągu tysiąca lat. Wszystko to razem ma za sobą niewątpliwe cechy prawdopodobieństwa. Tak więc widzimy z tego, że zarówno spadek meteorytów, jak i kurczenie się słońca zupełnie wystarcza do objaśnienia równowagi energii. Helmholz przypuszczał tylko drugą z przyczyn i obliczył, że po upływie 17 milionów lat słońce zgaśnie. Jeżeli zaś przyjmiemy, jako fakt, ciągły spadek meteorytów, wynagradzający niewątpliwe straty materyi, to kres życia słońca musimy bardzo oddalić od tej chwili, którą oznaczył w swej teoryi Helmholz.

§ 41. **Światło zodjakalne.** Pod zwrotnikami można widzieć codziennie słabe fosforyczne światło w kształcie wielkiego trójkąta, pokrywającego w kierunku ekliptyki gwiazdozbiory zwierzyńcowe Ryb, Wieloryba i Barana. Wierzchołek tego trójkąta mieści się w Plejadach. W naszych szerokościach *światło zodjakalne* można widzieć w wyjątkowych okolicznościach, gdy ekliptyka dość wysoko wznosi się ponad poziomem, jak to bywa na wiosnę i w jesieni. W miesiącach wiosennych światło wspomniane widoczne u nas bywa wieczorem, a jesienią tylko rano przed wschodem słońca. Tak już od dwu stuleci astronomowie obserwują światło zodjakalne, nie mając pewności co do jego pochodzenia. Pierwotnie przypuszczano, że do XVI-go stulecia światła zodjakalnego nie było i nigdy go nie widziano. Zdaje się jednak, że zdanie to mylnem jest, gdyż ślady istnienia tajemniczego światła odnajdują się już w szczegółach opisów kultu słońca u starożytnych Egipcjan. Tak więc istotnie europejscy astronomowie nie zwracali żadnej uwagi na światło zodjakalne, poczytując go, zapewne, za jedno z drogą mleczną. Aleksander Humboldt był jednym z pierwszych, który ujrzał światło zodjakalne pod równikiem w r. 1803 w czasie podróży na oceanie Atlantyckim. Humboldt opisał zjawisko fosforycznego trójkąta wzdłuż ekliptyki z wierzchołkiem w Plejadach, lecz zauważył, że i po przeciwnej stronie nieba, to jest na wschodzie, widocznym jest drugi taki sam słabszy trójkąt światła, niejako odblask pierwszego. Istnienie tego

przeciwblasku po wschodniej stronie nieba potwierdził Brohrsen w r. 1854. Z powodu zbyt słabego blasku nie można było zauważyć na jakiej odległości od ziemi znajduje się światło zodjakalne. Jednakże spektroskop wykazał, że światło to jest spolaryzowane, a więc odbite od pewnych drobnych ciałek. Robiono przypuszczenie, że światło zodjakalne jest to pierścień drobnych meteorytów, krążących dokoła ziemi, lecz przy tem przypuszczeniu światło na wschodniej stronie, podobnie jak światło księżyca w pełni, powinno by być najsilniejsze, co się jednak nie zgadza z rzeczywistością. Przypuszczano także, że światło zodjakalne jest to warkocz świetlany, idący od ziemi na podobieństwo warkocza komet, lecz i to nie znalazło potwierdzenia z tego powodu, że głowa tego warkocza powinnaby otaczać ziemię dokoła, tymczasem światło spostrzegamy tylko w strefie zodjakalnej. Najbardziej prawdopodobnem i zgodnem z rzeczywistymi objawami jest przypuszczenie, że światło zodjakalne przedstawia resztki tworzywa kosmicznego, jako miliardowy rój drobnych meteorytów, który na podobieństwo pierścieni Saturna otacza słońce dokoła, dochodząc prawie do orbity ziemskiej. Jest to więc widoczna warstwa pyłu kosmicznego, znajdującego się zewsząd dokoła słońca, a skutkiem praw powszechnego ciążenia zmuszona do nagromadzenia się w większej ilości w płaszczyźnie ekliptyki.

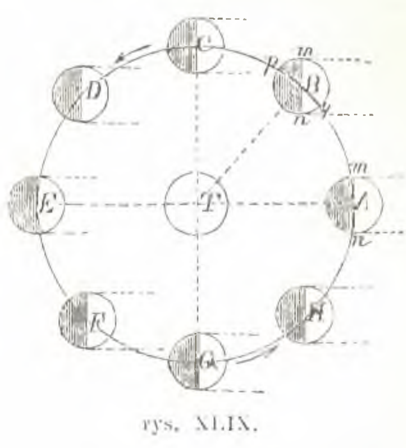
§ 42. **Księżyc.** Hypoteza Ptolomeusza przypuszczała, że wszystkie ciała niebieskie krążą dokoła ziemi. Otrzymywał się tym sposobem ruch bardzo zawiły po tak zwanych *epicyklach;* pomimo to nigdy obserwacje nie zgadzały się ściśle z rachunkiem. Jeden tylko księżyc dawał według teoryi Ptolomeusza wyniki względnie najlepsze i nasuwał ówczesnym astronomom złudzenie, że i ruch wszystkich innych planet da się z czasem tak dobrze pogodzić, jak ruch księżyca. Kopernik obalił złudną hypotezę Ptolomeusza i pokazał, że tylko jeden księżyc krąży rzeczywiście dokoła ziemi, wszystkie zaś inne ciała niebieskie, nie wyłączając ziemi, odbywają ruch dokoła słońca. Tak więc widzimy, że księżyc stał się, skutkiem teoryi Kopernika, ciałem wyjątkowem. Istotnie, ruch księżyca bardzo różni się od ruchu innych ciał. Przedewszystkiem ruch tego ciała jest ze wszystkich najszybszy i przedstawia nam odmiany swej postaci, widziane przez nas po kolei w ciągu miesiąca. Jeżeli przed wschodem księżyca zauważymy jaką gwiazdę stałą, to już następnego dnia będzie widoczne w tym samym czasie, że księżyc odsunął się względem swego położenia odnośnie do gwiazdy pierwotnej na wschód prawie o 13° 10′

tak będzie codziennie. Każdego dnia wschód księżyca będzie się znacznie opóźniał. Wniosek z tego, że księżyc zmienia swe położenia od Zach. na Wsch., z prędkością prawie $13^0\ 10^{1}/_{2}{}'$ w ciągu doby gwiazdowej czyli, że ruch księżyca jest blisko 13 razy szybszy, aniżeli pozorny ruch słońca po sklepieniu. Ażeby dokładniej przedstawić drogę księżyca, nakreślimy na globusie *równik*, następnie *ekliptykę* i, obserwując codziennie zboczenia i wznoszenia proste środka tarczy księżycowej, oznaczymy na globusie wszystkie odpowiednie punkty, jako miejsca położeń księżyca. Połączywszy te punkty, otrzymamy na globusie linję ciągłą, wyobrażającą drogę księżyca w ciągu całego miesiąca, czyli, ściślej mówiąc, w ciągu jednego obiegu zupełnego dokoła ziemi. Okaże się, że droga księżyca jest linją zwartą, której względnie najwyższy punkt jest tylko o 5^0 oddalony od ekliptyki. Jest to kąt nachylenia orbity księżyca względem ekliptyki. Oprócz tego w okresie pełnego obiegu zauważymy dwa punkty wzajemnych położeń księżyca na samej ekliptyce. Są to dwa punkty przecięcia orbity księżyca z ekliptyką, czyli tak zwane *węzły*. Jeden węzeł nazywa się *wstępujący*, gdy księżyc wchodzi z dołu ku górze i odwrotnie, gdy schodzi z górnej części swej drogi ku dołowi, przechodzi przez węzeł *zstępujący*. Przebieg czasu od jednego położenia księżyca między gwiazdami stałemi do powrotu następnego takiegoż położenia między gwiazdami nazywa się *miesiącem gwiazdowym* lub *syderycznym* i równa się 27 dni 8 godzin (ściślej $27^d\ 7^h\ 43^m\ 11^1/_2{}^s$). Jest to czas zupełnego obiegu księżyca około ziemi. Drugą osobliwością księżyca są *odmiany światła*, czyli tak zwane *lunacje*. Gdy zauważymy taką noc, w której księżyca wcale nie ma na sklepieniu, to mówimy, że zaczyna się *nów* księżyca. Po nowiu upływa sześć dni, w ciągu których księżyc nie wschodzi, aż nareszcie siódmego dnia ukazuje się w postaci wąskiego sierpa tuż zaraz po zachodzie słońca (rys. XLVIII *a*). Na drugi dzień sierp staje się grubszym i po sześciu dniach przechodzi w półkole *(c)*, jest to *pierwsza kwadra*, w kątowem oddaleniu 90^0 od słońca. W owej chwili księżyc przechodzi przez południk w sześć godzin po takiem samem przejściu słońca. W na-



rys. XLVIII *a*.

stępne dni półkole ciągle narasta po przeciwnej stronie względem położenia słońca (rys. *d)* i po $6^1/_2$ dniach od chwili pierwszej kwadry księżyc staje się zupełnie okrągłym, jest to *pełnia*, odpowiadająca kątowemu oddaleniu o 180° od słońca. W chwili pełni księżyc góruje w 12 godzin później, aniżeli słońce, czyli przechodzi przez południk w samą północ. W następne dni tarcza księżyca zaczyna ubywać i, przeszedłszy odmiany postaci (rys. *f*), po upływie siedmiu dni od pełni tarcza księżyca staje się półkolem po raz drugi (rys. *g*). Jest to *ostatnia kwadra*, której kątowe oddalenie od słońca wynosi 270°. Księżyc w tej ostatniej lunacji przechodzi przez południk o 18 godz. później, aniżeli słońce. Następnie półkole z każdym dniem ubywa, aż nareszcie księżyc ukazuje się po raz powtórny w postaci sierpa, odwrotnie położonego względem sierpa po nowiu (rys. *h*). Ten ostatni sierp widzieć już tylko można przed wschodem słońca. Nakoniec księżyc łączy się z słońcem i znowu na kilka dni znika zupełnie; przechodzi wówczas przez południk razem z słońcem jako nów. Tak się kolejno powtarzają lunacje księżyca co miesiąc. Wszystkie odmiany światła księżyca objaśniają się tem, że księżyc podobnie jak ziemia ma kształt kuli ciemnej, oświetlanej przez słońce tylko z tej strony, która jest ku słońcu zwrócona. Na następującym rysunku łatwo wytłomaczyć wszystkie lunacje (rys. XLIX). Dla spostrzegacza, znajdującego się na powierzchni ziemi *T*, księżyc będzie widoczny w rozmaitych postaciach, zależnie od tego jaką część swej oświetlonej powierzchni będzie zwracał ku ziemi. Niech koło *A B C D Q* przedstawia drogę księżyca dokoła ziemi *T*, i niech słońce znajduje się w tejże płaszczyźnie z prawej strony i w takiem oddaleniu, że promienie padają prawie równolegle względem siebie. Oświetlona część księżyca będzie się oddzielała od nieoświetlonej wielkim kołem *mn*, zawsze prostopadłem do kierunku promieni słońca. Położenie księżyca *A* będzie takie, że ku ziemi zwrócona będzie tylko ciemna strona powierzchni, a więc będzie to *nów*, gdyż księżyc z ziemi widzianym być nie może. W poło-



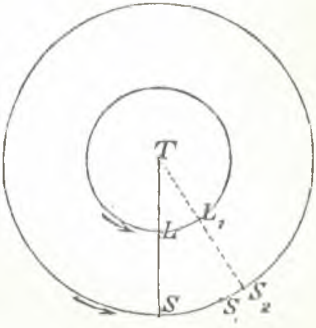
rys. XLIX.

żeniu *B* cząstka powierzchni księżyca, odpowiadająca łukowi *np*, jest już z ziemi widzialną pod postacią sierpa. W położeniu *C*, odległem od *A* o 90°, będzie widzianą połowa oświetlonej części powierzchni, jako półkole. Jest to *pierwsza kwadra*. W miejscu *D* widzialną jest więcej niż połowa oświetlonej tarczy; aż nareszcie w *E*, przy oddaleniu o 180° od *A*, staje się widoczną cała oświetlona część powierzchni, jako pełne koło czyli *pełnia*. Widzimy, że przechodząc kolejno od jednego położenia do drugiego, objaśniamy zupełnie zgodnie z rzeczywistością wszelkie łunacje księżyca. Na nowiu księżyc jest w połączeniu z słońcem, prawie na jednej prostej; w czasie pełni znajduje się po przeciwnej stronie na tejże prostej, czyli jest w *przeciwstawieniu (opozycji)* z słońcem. Tak jedno jak i drugie z wymienionych wyżej położeń nazywają się często *syzygjami*.

W końcu zauważyć jeszcze trzeba, że, gdy księżyc ukaże się w postaci sierpa wówczas pozostała część tarczy daje się widzieć, tylko jest znacznie słabiej oświetlona. Jest to tak zwane *światło popielate*, które objaśnia się tem, że podczas nowiu księżyca ziemia jest zwrócona oświetloną częścią swej powierzchni, skutkiem tego duża ilość promieni słońca odbija się od powierzchni ziemi i, padając na ciemną część tarczy księżyca, daje widoczne słabe oświetlenie pozostałych części powierzchni. Oprócz tego występuje jeszcze zjawisko *iradjacji*, sprawiające to, że jasna część powierzchni wydaje się większą od przyciemnionej części, która niejako ma mniejszą średnicę. Jest to złudzenie wzroku, znane w fizyce, według którego przedmioty mocno oświetlone wydają się większe na ciemnem tle, aniżeli na tle jasnem. Te proste objaśnienia po raz pierwszy dał znakomity artysta Leonardo de Vinci.

W końcu nadmienić musimy jeszcze, że księżyc jest ciałem wielkiego praktycznego znaczenia tak dla podróżnika w odległe kraje, jak dla żeglarza jako też i dla miłośników kosmografii. Gdy dla oznaczenia długości geogr. nie dają się zastosować sposoby, wyłożone w § 17, wówczas pozostaje już tylko księżyc. Mierzenie odległości kątowej środków tarcz księżyca i słońca, mierzenie wysokości księżyca ponad poziomem i nakoniec *górowania* są pośredniemi drogami do osiągnięcia długości geogr. danego miejsca. Po bliższe szczegóły tych praktycznych obliczeń w rozmaitych przypadkach odsyłamy czytelnika do dzieł: „*Connaiss. des tmp.* lub „*Traité d'Astronomie pratique*" (éditeurs Gauthier-Villars).

§ 43. **Czas obiegu i droga księżyca.** Liczne spostrzeżenia dokonywane przez wielu astronomów ubiegłych czasów okazały, że księżyc wykonywa 1000 pełnych obrotów około ziemi w czasie 27 322 dob, a więc stąd wypada na jeden obieg 27,322 dni. Jest to czas obiegu *gwiazdowego*, który nazywa się *miesiącem syderycznym*. Należy jednak tutaj zwrócić uwagę na to, że z ukończeniem pełnego obiegu nie powtarza się jeszcze ta sama lunacja, jaka była miesiąc przed tem; objaśni nam to następujący prosty rysunek (rys. L). Niech T oznacza położenie ziemi; pierwsze opisane koło przedstawia drogę księżyca, a drugie koło pozorną drogę słońca, jaką widzimy na sklepieniu nieba w ciągu roku. Wybierzmy chwilę, kiedy ziemia T, księżyc L oraz słońce S znajdują się na jednej linji czyli księżyc jest w złączeniu z słońcem, jak to bywa w czasie *nowiu*. Gdy po upływie 27,322 dni księżyc wykona całkowity obieg i wróci do swego pierwotnego położenia L, słońce już nie będzie w punkcie S, lecz będzie przesunięte prawie o 27° dalej w punkcie S_1 i trzeba będzie, ażeby księżyc po wykonaniu pełnego obrotu przeszedł jeszcze dodatkowo łuk LL_1 dla powtórnego złączenia się z słońcem S_2 czyli dla powtórzenia lunacji nowiu. Łatwo z tego zrozumieć, że przebieg czasu od jednej lunacji do drugiej takiej samej lunacji jest trochę dłuższy od miesiąca syderycznego. Nader prosty rachunek pozwoli nam obliczyć dokładnie wspomniany wyżej czas. Księżyc obiega 360° w 27,322 dni, a słońce przechodzi 360° w ciągu 365,25 d.; stąd wypada, że różnica kątowych prędkości tych dwu ciał będzie



rys. L.

$$\frac{360^0}{27,322} - \frac{360^0}{365,25}.$$

Gdy księżyc wróci do punktu L po wykonaniu jednego całkowitego obrotu, wówczas słońce przejdzie dodatkowy łuk w tymże czasie jako

$$SS_1 = \frac{360^0 . 27,322}{365,25}.$$

Ile razy różnica prędkości mieści się w ostatniej liczbie, po tylu dodatkowych dniach nastąpić musi powtórne złączenie, a więc po upływie

$$\frac{360^0 . 27{,}322}{365{,}25} : \left(\frac{360^0}{27{,}322} - \frac{360^0}{365{,}25}\right) = 2{,}208 \text{ dni.}$$

Takim sposobem pomiędzy jedną lunacją a drugą taką samą upływa czas równy

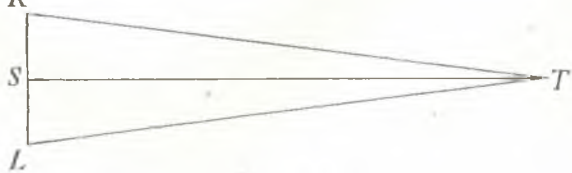
$$27{,}322 + 2{,}208 = 29{,}530 \text{ dobom.}$$

Jest to tak zwany *miesiąc synodyczny*, jako 29 dni 12 g. 44 m. 3 s. Jeżeli teraz wiemy, naprzykład, że w 1903 roku w miesiącu Grudniu wypadało podług czasu paryskiego:

pełnia	4 Grud. $18^h\ 22^m$	nów	18 Grud. $21^h\ 35^m$
ostatnia kwadra	11 Grud. $11^h\ 2^m$	pierwsza kwadra	27 Grud. $2^h\ 32^m$

i dodając do każdej z oznaczonych dat po 29 d. 12 g. 44 m. 3 s., wyznaczymy na dowolnie obrany przeciąg czasu, lat kilku lub lat kilkudziesięciu, chwile wszystkich lunacyj podług czasu paryskiego. Następnie, wiedząc jaka jest długość geogr. danego miejsca odnośnie do południka paryskiego, bez trudności oznaczymy te same chwile według czasu miejscowego. Tedy całe zagadnienie głównych ruchów księżyca praktycznie przedstawia się nam prosto i jasno.

Dokładna znajomość czasu, odpowiadającego rozmaitym położeniom księżyca, jakkolwiek bardzo ważna, nie daje nam jeszcze pojęcia o kształcie samej drogi. Zajmiemy się teraz bliżej wyznaczeniem kształtu tej linji, po której krąży księżyc dokoła ziemi. Użyjemy tego samego sposobu, jaki wyłożyliśmy dla ziemi w § 27.



rys. 51

Średnica księżyca widziana bywa z ziemi pod rozmaitymi kątami, zależnie od odległości. Największa wartość dla wspomnianej średnicy całej tarczy bywa 33′20″, najmniejsza zaś 29′50″. Ponieważ nie możemy przypuszczać, że księżyc albo zwiększa się albo też zmniejsza swą tarczę, więc musimy szukać przyczyny tych zmian w samym kształcie drogi. Widzieliśmy, że ziemia krąży

po elipsie, sprobujemy podobnie, czy nie można będzie przyjąć kształtu eliptycznego dla drogi księżyca. Z rys. LI widoczna, że jeżeli d oznacza wielkość średnicy księżyca, T ognisko czyli położenie ziemi, a linja TS największą odległość księżyca od ziemi, jako $l + 2x$, gdzie x odległość ogniskowa, wówczas

$$l + 2x = \frac{d}{2} \operatorname{cotg} \frac{\alpha}{2},$$

w którem α oznacza kąt KTL, pod którym widzimy z ziemi tarczę księżyca przy największej jego odległości od ziemi. Gdy to samo zastosujemy do najmniejszej odległości l, nazywając w tym przypadku kąt α', pod którym widzimy tarczę księżyca, będziemy mieli podobnie

$$l = \frac{d}{2} \operatorname{cotg} \frac{\alpha'}{2};$$

tedy

$$\frac{l}{l + 2x} = \frac{\operatorname{cotg} \frac{\alpha'}{2}}{\operatorname{cotg} \frac{\alpha}{2}} = \frac{tg \frac{\alpha}{2}}{tg \frac{\alpha'}{2}}.$$

Ponieważ wiemy, że $\alpha = 29'50''$, $\alpha' = 33'20''$, skutkiem tego będzie

$$\frac{l}{l + 2x} = \frac{tg\, 14'\, 55''}{tg\, 16'\, 40''} = \frac{0{,}0043392}{0{,}00484817},$$

stąd wypada łatwo

(k) $$50897\ l = 867840\ x.$$

Mimośrodem elipsy nazwaliśmy

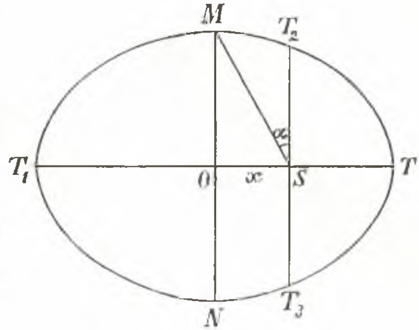
$$e = \frac{l}{l + x};$$

w zastosowaniu do księżyca, przy uwzględnieniu równania (k), otrzymujemy z powyższego

$$e = \frac{50897}{918737} = 0{,}05540\ldots.$$

Mając wielkość mimośrodu elipsy, po której krąży księżyc, możemy wykreślić samą drogę. Niech więc elipsa $T T_2 M T_1 N$ oznacza drogę księżyca (rys. LII). Gdyby ziemia była w środku O nakreślonej elipsy, wówczas położenia kwadratur księżyca (pierw-

sza i ostatnia kwadra) wypadałyby ściśle w punktach M i N; jeżeli zaś ziemia znajduje się nie w środku elipsy, lecz w jej ognisku S, natenczas kwadratury wypadną, oczywiście, w punktach T_2 i T_3, skutkiem tego odległości kątowe kwadratur od położeń nowiu i pełni nie będą po 90°, gdyż łuk TT_2 jest trochę mniejszy od ćwiartki, a łuk T_1T_2 jest większy. Łatwo będzie wyznaczyć kąt $\alpha = MST_2$ i tym sposobem znajdziemy wzajemne odległości kątowe krytycznych położeń księżyca. Przyjmując MST_2 za trójkąt prostokątny, skutkiem małej wielkości MT_2, będziemy mieli $ST_2 = MS \cos\alpha$,



rys. LII.

czyli (porówn. § 14)

$$\frac{b^2}{a} = a \cos\alpha; \qquad \text{(porówn. § 28)}$$

stąd, wiedząc, że $e = \frac{1}{a}\sqrt{a^2 - b^2}$, będzie

$$\cos\alpha = 1 - e^2 = 1 - 0{,}003\ldots$$

Odpowiedni kąt α będzie 4° 25′, tedy odległość kątowa kwadratur od bliższego z syzygjów wypada prawie 85° 35′. Tak byłoby w rzeczywistości, gdyby wielka oś orbity księżyca była linją stałą i gdyby ziemia była nieruchomą. W istocie wyżej wzmiankowana odległość kątowa kwadratur od syzygjów jest trochę inna i dochodzi do 89° 50′ z tego powodu, że linja absydów orbity księżyca zmienia swe położenia. Końce wielkiej osi posuwają się co miesiąc prawie o $3^1/_2$° od Zach. na Wsch., więc wypadnie skutkiem tego, jako wynik ostateczny

$$85^\circ 35' + 3^\circ 30' + y = 89^\circ 50',$$

y oznacza tutaj drobny kąt, dochodzący prawie do 45′ z pewnemi wahaniami. Ten ostatni mały kąt jest to *warjacja* czyli *nierówność* miesięczna wraz z roczną i ewekcją spowodowana niejednostajnym ruchem księżyca, znacznie szybszym wówczas, gdy przechodzi przez punkt przyziemny. Dla ziemi (§ 27) obliczaliśmy wielkość pozornej

tarczy słońca na rozmaite dni roku; tak samo i dla księżyca możemy wyżej wyłożonymi sposobami obliczyć średnicę tarczy na te dnie, kiedy księżyc zajmie położenia T_2, M, i t. p. Ponieważ wyniki rachunku, podobnie jak wszystkie powyżej przytoczone wyliczenia najzupełniej będą się zgadzały ze spostrzeżeniami, wnosimy z tego, że przypuszczenie eliptycznego kształtu drogi jest zgodne z prawdą i objaśnia dobrze wszystkie zjawiska ruchu księżyca.

§ 44. **Odległość księżyca od ziemi, wymiary i obrót dokoła osi.** Była już mowa (§ 19, *c*) o tem, jak wogóle wyznacza się *paralaksę* ciał niebieskich. Opisany sposób bez zmian stosuje się do księżyca. Pomiary wykonano dokładnie dopiero w roku 1756. Astronom Lalande zmierzył w Berlinie zenitalną odległość księżyca w chwili górowania, a jednocześnie na tym samym południku, na przylądku *Dobrej Nadziei* w Afryce, astronom Lacaille wymierzył również zenitalną odległość księżyca w chwili przejścia przez południk. Z liczb otrzymanych tym sposobem, jako też przy pomocy szerokości geogr. danych dwu miejsc, uzyskano wielkość *paralaksy poziomej równikowej* jako 57′ 2″,3, skutkiem tego równanie

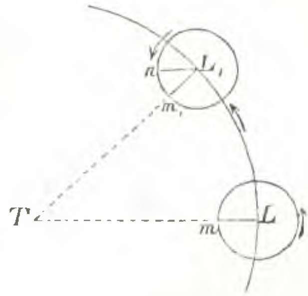
$$d = \frac{1}{\sin 57' 2'',3}$$

przedstawia nam odległość księżyca, w której promień ziemi przyjęliśmy za jedność. Po dokonaniu łatwego obliczenia znajdujemy $d = 60{,}27$ promieni ziemi, czyli 384 450 kilom. Tak paralaksa, wyżej przytoczona, jak i otrzymana odległość księżyca przedstawiają nam wielkości średnie. W rzeczywistości zaś tak paralaksa, jak i odległość podlegają ciągłym drobnym zmianom. Gdy księżyc przechodzi przez najbliżej położony punkt względem ziemi czyli przez, tak zwany, *punkt przyziemny*, wówczas paralaksa staje się największą i odległość od ziemi wynosi tylko 56 promieni ziemi czyli 356 650 kilom. Gdy księżyc przechodzi przez najdalej położony punkt względem ziemi, czyli przez punkt *odziemny*, wtedy paralaksa bywa najmniejsza, a odległość równa się 63,7 promieniom czyli 407 110 kilom. Średnia wielkość paralaksy księżyca $57' 2'' = 3422''$, tedy średnica ziemi widziana bywa z księżyca pod kątem $2 \times 3422'' = 6844''$. Wiemy jeszcze oprócz tego, że średnicę tarczy księżyca spostrzegamy z ziemi pod kątem średnim $31' 8'' = 1868''$. Z tych liczb wypływa rzeczywisty stosunek średnic ziemi i księżyca

$$6844 : 1868 = 3{,}66.$$

Widzimy więc, że tak średnica jak i promień ziemi 3,66 razy przewyższa średnicę oraz promień księżyca; tym sposobem bardzo łatwo obliczyć, że promień księżyca równa się 1742 kilom. Stosunek powierzchni ziemi i księżyca wyrazi się jako $3,66^2 = 13,4\ldots$, a stosunek objętości $3,66^3 = 49,\ldots$

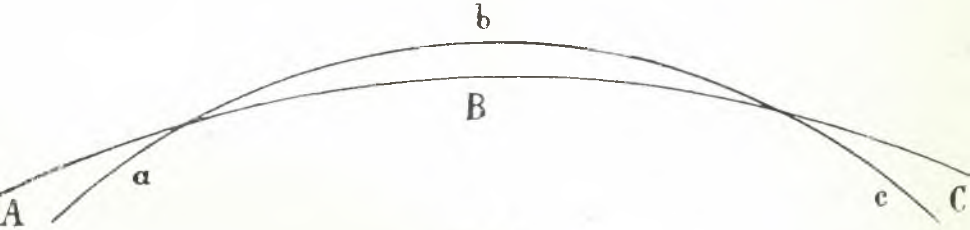
Przypatrując się księżycowi uważnie, zauważymy na jego powierzchni ciemne stałe plamy, które pozwolą nam oznaczyć czas obrotu księżyca około osi. Dajmy na to, że z ziemi T (rys. LIII) widzimy na środku tarczy księżyca L plamę ciemną m. Po kilku dniach księżyc przesuwa się do położenia L_1 i gdyby nie wykonywał obrotu około swej osi, wówczas plama m powinnaby być widzianą w n tak, że $nL_1 \parallel mL$. Tymczasem ta sama plama m i w drugiem położeniu księżyca widziana jest w środku tarczy, jako m_1. Widoczna z tego, że księżyc wykonał obrót o liczbę stopni, równą kątowi nL_1m_1, który jest taki sam jak $\angle L_1TL$, skutkiem równoległości nL_1 i mL. Wypada z tego objaśnienia, że księżyc, przeszedłszy łuk LL_1, jednocześnie obrócił się dokoła swej osi o liczbę stopni, odpowiadających $\smile LL_1$, tedy, gdy skończy się obieg około ziemi i księżyc przejdzie 360°, obróci się też jeden raz około swej osi także o 360°. Tym sposobem księżyc, obiegając ziemię dokoła, zawsze odwraca ku nam jedną połowę swej kulistej powierzchni; druga zaś połowa jest niewidzialną.



rys. LIII.

§ 45. **Droga księżyca w obiegu około słońca oraz zwichnięcia ruchu.** Księżyc krąży dokoła ziemi po elipsie, której płaszczyzna tworzy z ekliptyką kąt 5° 8′ 40″; w jednem z ognisk tej elipsy mieści się ziemia. Ziemia wraz z księżycem obiega dokoła słońca, jeżeli więc zapragniemy wytworzyć sobie pojęcie o kształcie drogi księżyca w obiegu jego dokoła słońca, to musimy rozważyć następujące szczegóły tego ruchu: 1) odległość księżyca od ziemi stanowi prawie $\frac{1}{395}$ część promienia orbity ziemskiej; 2) gdy ziemia przejdzie na swej drodze $13^1/_2{}^0$, księżyc, będąc po wypukłej stronie orbity ziemskiej, przesuwa się na stronę wklęsłą i pozostaje po tej stronie dotąd, dopóki ziemia nie przejdzie znowu $13^1/_2{}^0$, poczem powtórnie księżyc przechodzi na stronę wypukłą. Ponieważ jednak promień drogi ziemskiej 395 razy przewyższa

odległość księżyca od ziemi, skutkiem tego wklęsłość orbity księżyca, znakomicie przewyższa takąż wklęsłość drogi ziemskiej. Orbita księżyca wykonywa względnie drobne wahania to po jedną to po drugą stronę orbity ziemskiej, lecz droga roczna pozostaje bez zmiany wklęsłą względem słońca. W przybliżeniu na rysunku przedstawimy (rys. LIV) drogę ziemi jako *ABC*...., a drogę księżyca w obiegu dokoła słońca jako linję *abc*..., która zawsze pozostaje odwrócona swą wklęsłością ku słońcu i nigdzie nie ma ani punktów przegięcia, ani punktów zwrotu, jakto błędnie niekiedy przedstawiają popularne dziełka kosmografii.



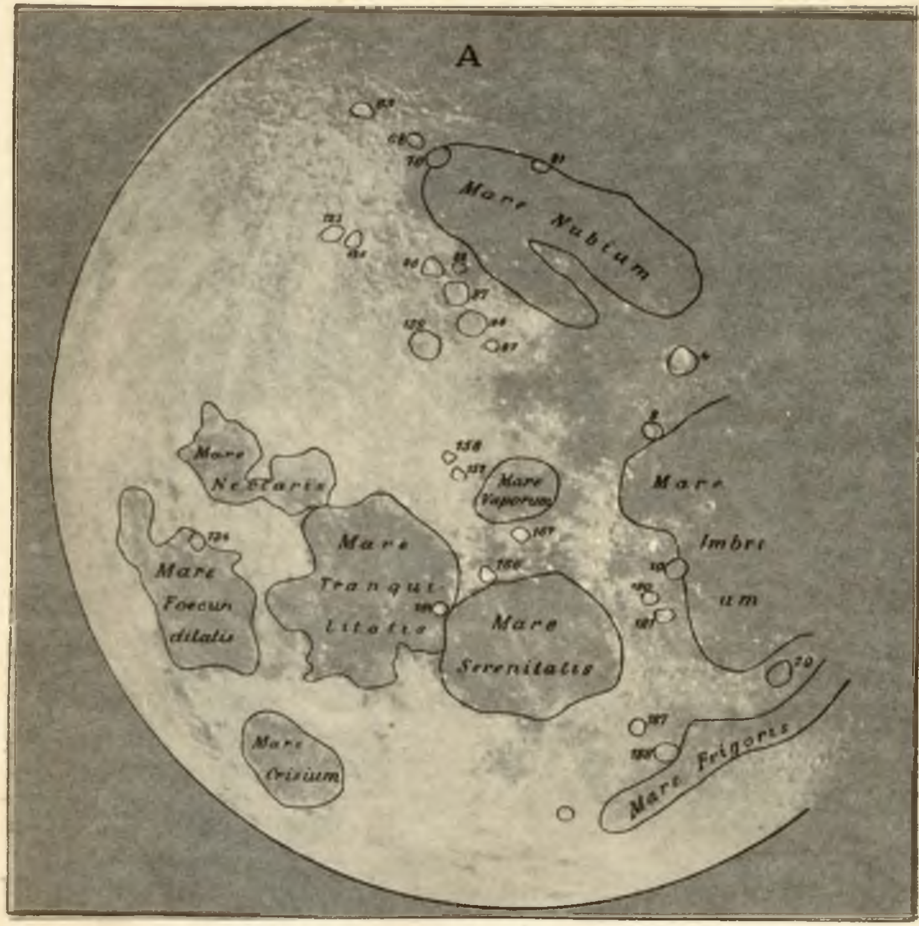
rys. LIV.

Oprócz tego nie trzeba zapominać o tem, że obie linje *ABC* i *abc*, przedstawione powyżej na jednym rysunku, w rzeczywistości leżą w dwu różnych płaszczyznach, nachylonych względem siebie prawie pod kątem 5°.

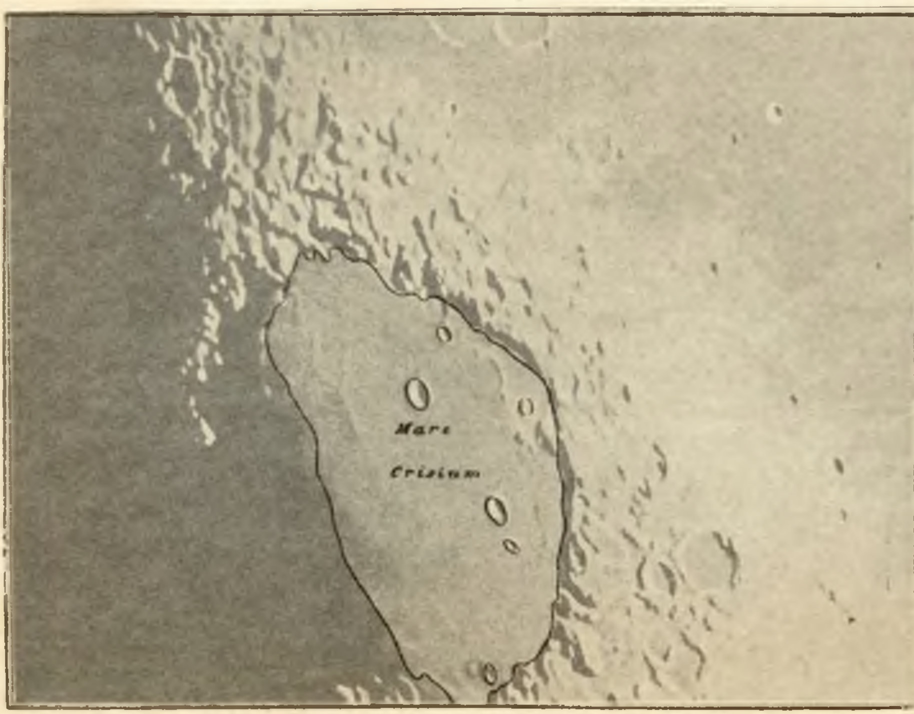
Gdy to wszystko, co powiedziane wyżej, skupimy w wybraźni, wówczas przedstawi nam się jasno, że droga księżyca w obiegu rocznym, jakkolwiek przez cały czas pozostaje wklęsłą względem słońca, niemniej jednak nie może być ani kołem, ani też elipsą; ma ona własny kształt nieprawidłowy, który w całości narysować i objąć będzie rzeczą dość trudną. Widzieliśmy, że, rozważając ruchy tylko dwu ciał takich, jak ziemia i księżyc, otrzymujemy zjawiska proste, łatwe do objęcia, jako podlegające ścisłym prawom matematycznym. Jeżeli jednak będziemy chcieli wyśledzić wpływ innych ciał niebieskich na ruchy księżyca i ziemi, to znajdziemy się w dziedzinie zagadnienia wzajemnych ruchów trzech ciał. Jest to zagadnienie najtrudniejsze w astronomii i do dzisiejszej chwili niezupełnie jeszcze rozwiązane. Do najbardziej mozolnych i najwięcej zawikłanych zagadnień należy właśnie ruch naszego księżyca. Mówiliśmy już w § 43 o dwu zwichnięciach 1) oś wielka czyli linja absydów orbity księżyca przemieszcza się tak, że końcowe punkty posuwają się co miesiąc naprzód prawie


A
Mare Nubium
Mare Nectaris
Mare Vaporum
Mare Imbri um
Mare Foecun ditatis
Mare Tranqui litatis
Mare Serenitatis
Mare Crisium
Mare Frigoris


Mare Crisium



Fotografia księżyca.



Mare Crisium na księżycu.



Mare Crisium na księżycu.



Fotografia księżyca.

o $3^1/_2{}^0$, 2) do tego ruchu dołącza się *warjacja* miesięczna około 40″. Przemieszczanie linji absydów w rzeczywistości jest niestałe i mniejsze od wyżej wskazanej liczby, dochodzi tylko do $3^0 26'$. Takim sposobem końce wielkiej osi obiegają w ciągu roku $(3^0 26') \times 12 = 41^0$ i z powodu tego po całej orbicie przemieszczają się w okresie 8 lat $310^1/_2$ dni. Skutkiem tego ruchu, jeżeli w pewnej chwili *syzygje* wypadają w punktach przyziemnym i odziemnym, to w następnych łunacjach już tego nie będzie, gdyż w ciągu jednego obiegu punkt przyziemny odsunął się o $3^{13}/_{30}{}^0$, i takie same, jak powyższe, położenie wróci dopiero po upływie 8 lat $310^1/_2$ dni. Przebieg czasu pomiędzy dwuma kolejnemi przejściami przez punkt przyziemny nazywa się *miesiącem anomalistycznym* i jest o 5 godz. 25 min. dłuższym od miesiąca gwiazdowego. Wzmiankowaliśmy na poprzednich stronicach, że nachylenie orbity księżyca względem ekliptyki równa się $5^0\,8'\,40''$; jednakże pod wpływem innych ciał niebieskich ten kąt w ciągu $14^1/_2$ dni waha się ciągle pomiędzy liczbami $5^0\,17'\,35''$ oraz $5^0\,0'\,1''$. Takim sposobem średnia wielkość wspomnianego nachylenia wypada $5^0\,8'\,48''$. Orbita księżyca przecina się z ekliptyką w dwu punktach, które nazywamy *węzłami*. Punkty te nie są stałe, lecz odbywają ustawiczny *ruch wsteczny*, przesuwając się corok od Wsch. ku Zach. o $19^0\,18'$ czyli codziennie o $3'\,10''$, a więc obiegają całą ekliptykę w ciągu 18 lat 219 dni. Okres tego ostatniego czasu zbiega się z okresem *nutacji* z tej przyczyny, że zjawisko cofania się węzłów księżyca jest bezpośrednią przyczyną objawów nutacji. W rzeczy samej księżyc, przechodząc przez swój węzeł, najbardziej potęguje działalność słońca, gdy jest z nim po jednej stronie względem ziemi, i odwrotnie najbardziej hamuje wpływ słońca, gdy przejście przez węzeł wypadnie po stronie przeciwnej. Przebieg czasu pomiędzy jednem przejściem księżyca przez węzeł oraz drugim następnem przejściem przez ten sam węzeł nazwano *miesiącem smoczym*, mającym duże znaczenie w obliczaniu zaćmień słońca i księżyca. Rzecz jasna, że z powodu wstecznego ruchu węzłów miesiąc smoczy jest krótszy od syderycznego o 2 godz. 37 min. Paralaksa księżyca jest zmienna. Ponieważ księżyc jest najbliższem ciałem względem nas, więc paralaksa tego ciała zmienia się nawet wraz ze zmianą położenia na powierzchni ziemi. Dla spostrzegacza na równiku paralaksa przedstawia się większą, aniżeli gdyby się znajdował na biegunach ziemi; różnica w tej paralaksie dochodzi przy tem do 11″ i wywołana jest spłaszczeniem ziemi. Ale oprócz wzmiankowanej zmiany wielkości palaksy

dają się zauważyć jeszcze w dłuższych okresach czasu pewne różnice w paralaksie poziomej. To dowodzi, że średnie odległości księżyca od ziemi podlegają zmianom z biegiem lat, a więc i mimośród elipsy, po której biegnie księżyc, zmienia się, nie przekraczając jednak pewnych granic, pomiędzy $\frac{1}{17}$ i $\frac{1}{20}$. Widzieliśmy, że skutek zmian położenia linji absydów elipsa obraca się w swojej płaszczyznie ruchem prawie jednostajnym w kierunku prostym; teraz powiedzieć jeszcze możemy, że jednocześnie z powodu zmian mimośrodu elipsa odkształca się w pewnych ściśle zakreślonych granicach. Następnem zwichnięciem, zauważonem już w starożytności przez Ptolomeusza, jest tak zwana *eukcja*. Zakłócenie to polega na tem, że księżyc przy każdym synodycznym obiegu zbacza z swej drogi eliptycznej, szczególniej będąc w syzygjach. Dzieje się to pod wpływem przyciągania ku słońcu i jako wyraz tej zmiany księżyc ma nieprzewidziany przyrost długości astronomicznej w syzygjach, prawie o $1^0\,16'$ w okresie $31^1/_2$ dni, a także zmniejszenie poprzecznika tarczy. Oprócz powyżej wymienionych zwichnięć księżyc podlega ważeniu się czyli tak zwanym *libracjom*. Są to pewne wahania osi samego księżyca, stanowiącej kąt $83^1/_2{}^0$ z orbitą: 1) *libracja długości* polega na tem, że długość księżycowa plam, widzianych na tarczy, zmienia się z prawa na lewo o $4'\,20''$ perjodycznie, 2) *libracja w szerokościach* powoduje to, że plamy księżycowe perjodycznie zmieniają swą szerokość o $3'\,35''$. Jest to więc pewne kołysanie księżyca z dołu ku górze; 3) *libracja dzienna* zależy od położeń spostrzegacza na powierzchni ziemi, w czasie ruchu obrotowego i dochodzi do $32''$. Wszystkie wymienione libracje powodują to, że możemy widzieć więcej niż połowę pólkuli księżycowej tak, że nigdy przez nas niewidziana i zupełnie nieznana część powierzchni księżyca wynosi zaledwie $\frac{2}{5}$ części. Do całego szeregu wymienionych zwichnięć dołącza się jeszcze zauważone przez Halleya wiekowe przyśpieszanie biegu, które wynosi 6 sekund na 100 lat. Widzimy z tego wszystkiego, jak bardzo złożonym jest ruch księżyca.

§ 46. **Budowa fizyczna.** Geometryczna postać księżyca jest zbliżona do elipsoidy różnoosiowej, najdłuższa oś wypada ta. która jest zwrócona wprost ku środkowi ziemi. Jest to wpływ bardzo silnego przyciągania, które wywiera ziemia. Spłaszczenie księżyca jest bardzo małe i najdłuższa oś elipsoidy tylko o 75 metrów przewyższa oś obrotu. Ponieważ księżyc jest połową swej

kuli zawsze zwrócony ku ziemi, tedy w czasie obiegu synodycznego, ta połowa, która jest ku nam zwrócona, ma zmienne warunki oświetlania i ogrzewania. Po 15 dniach ogrzewania i świecenia słońca następuje 15 dni oświetlenia i ogrzewania tylko przez odbicie promieni od powierzchni ziemi. Wskutek tego noce księżycowe na powierzchni, ku nam zwróconej, są prawie 14 razy jaśniejsze od naszych nocy w czasie pełni. Druga połowa, a raczej tylko $\frac{2}{5}$ części powierzchni księżyca, ma 15 dni ogrzewania przez słońce, oraz 15 dni bezwzględnie ciemnych nocy. Różnice temperatur dnia i nocy po tej drugiej stronie księżyca muszą dochodzić conajmniej do 300° C. Do tego dołącza się jeszcze prawie zupełny brak atmosfery, który sprzyja szybkiemu wypromieniowaniu ciepła, nabytego od słońca. Liczne spostrzeżenia widmowe, jako też spostrzeżenia nad pokryciem gwiazd okazały, że atmosfery na księżycu nie ma, gdyż nie zauważono nigdy refrakcji promieni. Badania Pickeringa z lat ostatnich wykazały bardzo drobne załamania promieni w czasie pokrycia planety Jowisza przez tarczę księżyca. Spostrzeżenia te wskazują, że księżyc może posiadać atmosferę, grubości kilkudziesięciu zaledwie metrów, i przy tem tak rzadką, jaką jest nasza atmosfera dopiero na wysokościach 70 kilom. od powierzchni ziemi. Co się tycze temperatury, to pomiary porównawcze Langleya i teoretyczne wywody Ferrela stwierdzają zgodnie, że temperatura powierzchni księżyca nawet przy całkowitem oświetleniu w czasie pełni jest niższą od 0° i księżyc rozgrzewa się dopiero wówczas, gdy słońce przejdzie przez zenit. Niewielka ilość wody na księżycu znajduje się ciągle pod postaciąlodu i tworzy tylko lekkie mgły tuż przy samej powierzchni. W tych warunkach życie takie, jakie widzimy na ziemi, staje się zupełnie niemożliwem na księżycu. Objawy życia możliwe są tam dopiero w głębiach, poniżej powierzchni zewnętrznej. Ustrój powierzchni na księżycu przedstawia tak liczne osobliwości, że najdokładniejszy opis nie może zastąpić bezpośredniego widoku przy pomocy silnych teleskopów. Zastosowanie fotografii udostępniło oglądanie tych tajników wszechświata szerokim kołom miłośników wiedzy. Załączamy przy niniejszem dwa doskonałe fotogramy szczegółów powierzchni. Na pierwszej tablicy widzimy ciemne plamy: pierwsza u góry *mare nubium*, druga wielka plama niżej to *mare imbrium* i w pobliżu widoczny wielki wulkan *Kopernik*, jeszcze niżej trzecia wąska to *mare frigoris* i niedaleko od tego największy krater *Tycho*. Potem na lewo idą trzy duże plamy

jako: *mare serenitatis*, *m. tranquilitatis* i *m. fecunditatis*. To są główniejsze morza na księżycu, nie są one tem czem morza ziemskie, gdyż pozbawione są zupełnie wody w postaci płynnej *). Nazwy te dał w r. 1650, przeciwnik nauki Kopernika, Riccioli. Wymienione wyżej szczegóły można widzieć także okiem nieuzbrojonem w lunetę. W dolnej części tej samej tablicy przedstawione jest osobno, w silniejszem powiększeniu, *mare crisium*, jako znaczne zagłębienie, na dnie którego widzimy bruzdy i koliste kratery. Na drugiej tablicy widzimy bardzo liczne kratery i bruzdy, które nadają powierzchni księżyca tak swoisty wygląd. Oprócz oddzielnych kraterów są także łańcuchy gór, podobne do ziemskich, jak naprzykład: księżycowe Alpy, Karpaty i Apeniny okrążają ze wszystkich stron *mare imbrium*. Góry księżycowe odróżniają się od ziemskich stromemi urwiskami i znaczną wysokością, dochodzącą często do 10000 metrów; gdy uprzytomnimy sobie, że objętość księżyca jest prawie 50 razy mniejszą, a promień 4 razy mniejszy, to wyżej wymieniona wysokość gór przedstawi się nam, jako pięciokrotnie przewyższająca normę ziemskich gór. Kratery księżyca bardzo przypominają wulkany ziemskie, tylko są znacznie obszerniejsze, tak naprzykład: krater Tycho-Brahe ma 85 kilometrów średnicy, Archimedes 80 kilom. i t. p.; tymczasem ziemskie wulkany nie mają tak wielkich kraterów i tylko wyjątkowo dawno wygasły wulkan na wyspie Cejlon dochodził w otworze do 60 kilom. szerokości. Czynne dzisiaj wulkany ziemskie mają kratery nie dochodzące nawet do 10 kilom.; naprzykład Wezuwjusz 0,06 kilom., a Etna 1,5 kilom. Wygląd kraterów księżycowych, także różni się od ziemskich tem, że bardzo często w zapadłem zagłębieniu kolistego pierścienia sterczy po środku wysoki cypl. Żaden z kraterów ziemskich takiego zjawiska nie przedstawia. Jeszcze jaskrawiej wystąpią różnice, gdy policzymy ziemskie i księżycowe kratery. Na ziemi dzisiaj mamy 750 wulkanów, z których 320 czynnych. Na księżycu zaś naliczyć możemy 320000 wulkanów, już wygasłych, mieszczących się na powierzchni 13 razy mniejszej niż powierzchnia ziemi. To wszystko skłania nas do przypuszczeń, że wulkany księżycowe musiały powstać w innych warunkach niż ziemskie. Oprócz kraterów spotykamy jeszcze na księżycu liczne zmarszczki

*) *Pierwszą mapę księżyca przygotował astronom polski, gdańszczanin Jan Heweliusz w r. 1647.*

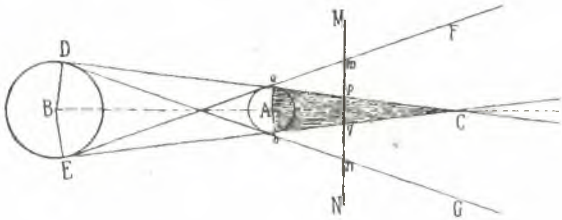
i bruzdy jasne i ciemne; jak się zdaje, są to fałdy powłoki zewnętrznej, powstające skutkiem stygnięcia i kurczenia się całej bryły. Czy na księżycu panuje zupełna martwota, temu usilnie zaprzeczyć musimy. Po pierwsze dla tego, że, jak się zdaje, niektóre wulkany księżycowe jeszcze do dzisiejszego dnia są czynne; zauważono, naprzykład, zmiany w okolicach wulkanu Linneusza. Po drugie, silne wahania temperatury od 0^{0} do -200^{0} w nocy i od 0^{0} do $+100^{0}$ C. w dzień nie mogą dopuszczać martwoty na powierzchni. Silne ogrzewanie i rozszerzanie skał podczas dnia zmienia się w nadzwyczajne kurczenie, pękanie i osypywanie się w czasie mroźnych nocy. Już to jedno zjawisko pomimo braku wyraźnej atmosfery i wody zdolne jest wywołać poważne zmiany obrazów powierzchni.

§ 47. **Zaćmienia.** Zajmiemy się zaćmieniami dwojakiego rodzaju *a)* zaćmienia księżyca *b)* zaćmienia słońca.

Zaćmienia księżyca spowodowane są tem, że ziemia, będąc ciałem ciemnem, staje na jednej linji pomiędzy księżycem i słońcem i tym sposobem rzuca wielkich rozmiarów cień na tarczę towarzysza ziemi. Ponieważ słońce znacznie przewyższa swą objętością ziemię, więc główny rdzeń odrzuconego cieniu ma postać okrągłego stożka. Księżyc powinien znajdować się po przeciwnej stronie z słońcem, skutkiem tego zaćmienia księżyca mogą zdarzać się tylko w czasie pełni. Gdy cała tarcza księżyca pogrąża się w cień ziemi, zaćmienie nazywa się *całkowitem*, gdy zaś tylko część tarczy wstąpi w stożek cienia, wówczas zaćmienie bywa *cząstkowe.*

Płaszczyzna orbity księżyca jest nachylona względem ekliptyki pod kątem $5^{0}\,8'$, z powodu tego zaćmienie księżyca może zachodzić nie przy każdej pełni, lecz tylko wtedy, gdy księżyc w czasie pełni znajduje się blisko swego węzła, nie dalej jednak jak o $13^{0}\,20'$. Gdy odległość od węzła zdarzy się większa od wyżej wymienionej, zaćmienia już być nie może. Niech B wyobraża nam słońce (rys. LV), A ziemię. Z punktów D i E przeprowadzimy styczne do bryły ziemskiej. Jeżeli styczne przecinają się w punkcie C, to stożek $a\,b\,C$ wyobrazi nam główny *rdzeń cienia;* gdy oprócz tego poprowadzimy jeszcze dwie styczne wewnętrzne EF i DG, to otrzymamy stożek $F\,a\,b\,G$, wyobrażający *półcień.* Na odległości 60 promieni ziemi od punktu A przeprowadźmy poprzeczną linję MN, a otrzymamy granice drogi księżyca; mp i qn będzie to zakres półcieniów i tylko droga pq wypadnie w obrębie głównego rdzenia. W półcieniach tarcza księżyca

wydaje się czerwonawą, skutkiem przenikania pewnej ilości promieni słońca, i dopiero, gdy księżyc wstąpi w główny stożek, wówczas tarcza staje się zupełnie ciemną. Prostymi rachunkami



rys. LV.

możemy obliczyć AC, długość głównego cienia, jako też wielkość linji pq. Z podobnych trójkątów $\triangle DBC$ oraz $\triangle AaC$ mamy $\frac{DB}{Aa} = \frac{BC}{AC}$ skąd wypływa $\frac{DB - Aa}{Aa} = \frac{BC - AC}{AC}$. Jeżeli oznaczymy przez r promień ziemi Aa, wówczas wiadomo, że promień słońca $DB = 109\,r$, a odległość $BA = 23100\,r$; skutkiem tego z poprzedzającej proporcji wypadnie łatwo $AC = \frac{23100\,r}{108} = 214\,r$ (około). Widzimy więc, że ziemia odrzuca cień wielkiej długości, na odległość 214 promieni kuli ziemskiej, a że księżyc jest odległy od nas tylko o 60 takich promieni, więc, gdy znajdzie się w samym węźle swej drogi lub w pobliżu węzła, przejść musi przez wielki stożek cienia. Obliczmy teraz, jak długo księżyc przebywać będzie w obrębie linji pq. W tym celu znajdźmy długość pq, nazywając przez x odległość wzmiankowanej linji pq od wierzchołka C. Z $\triangle abC \backsim \triangle pqC$ mamy $\frac{ab}{pq} = \frac{x + 60\,r}{x}$. Ponieważ jednak widoczna, że $ab = 2\,r$, oraz $x = 214\,r - 60\,r = 154\,r$, więc z powyższej proporcji znajdujemy $pq = \frac{154}{107}\,r$. Znalazłszy długość linji pq, bez trudności możemy obliczyć, jak długo księżyc będzie biegł w obrębie tej linji. Widzieliśmy już (§ 44), że $r = 3{,}66\,\rho$, gdzie ρ oznacza promień księżyca, skutkiem tego $pq = \frac{154}{107} \cdot 3{,}66\rho$. Dalej wiemy, że średni wymiar tarczy księżyca wynosi $31'\,8'' = 1868''$, tedy $\rho = 934''$, a więc $pq = \frac{154}{107} \cdot 3{,}66 \cdot 934''$. Księżyc w ciągu doby przechodzi $13^0\,10'\,30''$, ta wielkość na jedną godzi-

nę daje nam 1976". Chcąc teraz otrzymać ile godzin księżyc przebywa w obrębie linji *pq*, należy tylko uzyskane wyżej liczby podzielić

$$\frac{154}{107} . 3{,}66 . 934'' : 1976'' = 2{,}48 \text{ godzin.}$$

W całem powyżej przytoczonem objaśnieniu pominęliśmy odległość i ruch ziemi względem słońca, i z powodu tego otrzymaliśmy prawie $2^1/_2$ godzin jako czas przebywania księżyca w stożku cienia; liczba ta jednak jest trochę za duża. Następnie na zmianę przytoczonej liczby wpłynie także refrakcja promieni, jako i to, że niezawsze odległość księżyca w czasie przejścia przez cień wypadnie $60\,r$. Ta odległość często wypada większa i dochodzi niekiedy do $63\,r$; fakt ten bardzo wpłynie na skrócenie linji *pq* i, co za tem idzie, na zmniejszenie czasu. Bądź co bądź widzimy, że przebieg całkowitego zaćmienia księżyca zawsze jest dość długi i trwa prawie 2 godziny. Z tej przyczyny zaćmienia księżyca bywają widziane na całej kuli ziemskiej.

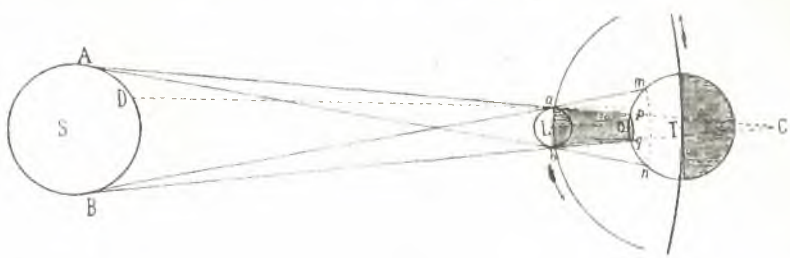
Nie trudny rachunek pozwoli nam przewidywać naprzód zaćmienia księżyca w następujący sposób: Efemerydy astronomiczne ogłaszają na każdy rok tablice położeń księżyca; przytoczymy poniżej urywek takich tablic podług średniego czasu południka paryskiego, na rok 1907

Data	Godz.	Długość księżyca	Szerokość astron.	
10 Luty	18h	301° 13′ 38″,5	+ 0° 6′ 51″,1	węz. zest.
11 „	0h	304° 52′ 25″,8	— 0° 13′ 18″,5	
24 „	18h	120° 35′ 41″,1	— 0° 8′ 59″,1	węz. wst.
25 „	0h	123° 38′ 47″,1	+ 0° 7′ 43″,4	
10 Marzec	0h	300° 1′ 1″,9	+ 0° 8′ 35″,5	węz. zest.
10 „	6h	303° 33′ 28″,1	— 0° 10′ 33″,4	
24 „	0h	119° 21′ 55″,5	— 0° 6′ 24″	węz. wst.
24 „	6h	122° 23′ 19″,1	+ 0° 9′ 47″	

Przy pomocy tych tablic obliczamy chwile przejścia przez węzeł. Widzimy, że między 10 i 11 Lutego szerokość astr. zmieniła się o 20′ 9″,6 w przeciągu 6 godz., stąd na jedną godzinę przypada 201″,6, a więc zmiana 6′ 51″,1 wypadła w $2^h\ 2^m$. To

znaczy, że przejście przez węzeł miało miejsce w dniu 10 Lutego w chwili $20^h\ 2^m$. Takim sposobem z tablic wyciągniemy wszystkie chwile przejść księżyca przez węzeł na cały rok. Gdybyśmy chcieli obliczyć chwile przejść przez węzeł na lat dwa z góry, wówczas należałoby do jednej z wspomnianych wyżej chwil dodawać połowę okresu, zwanego *miesiącem smoczym*, jako $\frac{1}{2}$ (27 dni 5 godz. 5 min. 36 s.). Mając tak ułożoną tablicę, musimy wziąć jeszcze do ręki drugą tablicę, oznaczającą chwile pełni księżyca. Jak się ta druga tablica układa, o tem była już mowa w § 43. Porównywając daty przejść przez węzeł z datami pełni księżyca, notujemy nasamprzód chwile jednakowe, a następnie te, które wzajemnie różnią się nie więcej, jak o jedną dobę. Taką drogą ułożymy tablicę wszystkich dat zaćmień księżyca na lat dwa z góry, według czasu paryskiego. Pozostanie już tylko przy pomocy długości geogr. zamienić czas paryski na średni czas miejscowy, ażeby całe zagadnienie praktycznie rozwiązać dla danego miejsca.

Zaćmienia słońca są to pokrycia tarczy słonecznej przez księżyc w chwilach nowiu. Te pokrycia tarczy nie mogą się zdarzać przy każdem nowiu ponieważ ekliptyka i orbita księżyca nie leżą w jednej płaszczyznie. Zaćmienia słońca następować mogą tylko przy takiem położeniu księżyca, gdy podczas nowiu będzie on w swym węźle lub będzie oddalonym od węzła nigdy nie więcej jak o 19°. Oprócz tego konieczną będzie chwila, o tyle sprzyjająca zaćmieniu, ażeby w czasie nowiu odległość księżyca od ziemi

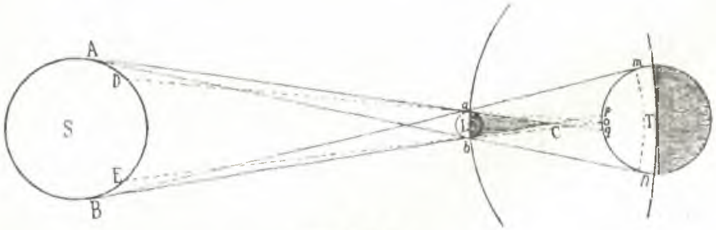


rys. LVI.

wypadła możliwie najmniejsza. Rysunek LVI, w którym S oznacza słońce, L księżyc oraz T ziemię, przedstawia nam najkorzystniejsze warunki zaćmienia. Cień, rzucony przez księżyc na powierzchnię ziemi, obejmuje tylko bardzo wąski pas pq, nie przenoszący nigdy więcej, jak 250 kilometrów szerokości; w tych gra-

nicach będzie widziane całkowite zaćmienie. Jeżeli z punktu *B* poprowadzimy styczną wewnętrzną *Bam*, oraz z punktu *p* styczną *paD*, to otrzymamy strefę *pm*, z której widoczną już będzie część *AD* tarczy słońca; tedy dla wszystkich punktów w tej strefie *pm* zaćmienie słońca będzie cząstkowe. Druga taka sama strefa zaćmienia cząstkowego będzie *qn*. Po za granicami wspomnianych stref zaćmienie widzialnem nie będzie. Ponieważ księżyc biegnie 13 razy prędzej, aniżeli słońce w swym ruchu pozornym, skutkiem tego początek zaćmienia zaczyna się zawsze na zachodniej krawędzi tarczy słonecznej i posuwa się ku wschodowi, trwając w naszych geogr. szerokościach nie więcej jak 2 min. W najbardziej sprzyjających okolicznościach w strefach podzwrotnikowych zaćmienie słońca trwać może $5^1/_2$ minut, należy to jednak do rzadkości.

Rysunek LVII przedstawia takie położenie, kiedy księżyc, będąc w większem oddaleniu, odrzuca stożek cienia, którego wierzchołek nie dochodzi do ziemi. Stożek cienia po za wierzchołkiem *C* odwraca się, jak to wiadomo z zasad optyki; odwrócony



rys. LVII.

jednak stożek pokrywa znacznie mniejszą strefę *pg* na powierzchni ziemi, z której części *AD* oraz *BE* tarczy słonecznej będą widzialne. W tych warunkach możliwem będzie *zaćmienie obrączkowe*, u nas nigdy nie widzialne i spostrzegane tylko w strefach podzwrotnikowych.

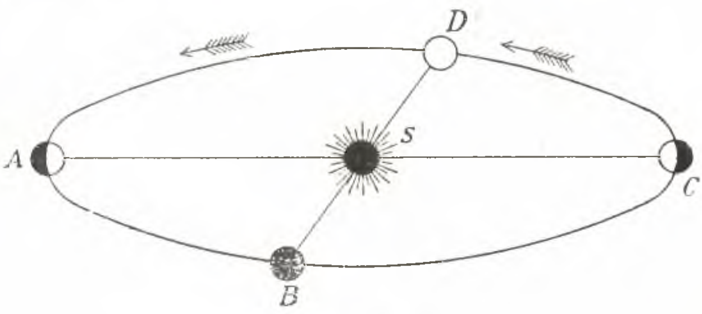
W czasie zaćmień całkowitych niebo staje się ciemnem, ukazują się gwiazdy tych gwiazdozbiorów, które w chwili zaćmienia górują w dzień. Temperatura powietrza szybko spada; zwierzęta okazują silny niepokój, kielichy kwiatów zamykają się. Niekiedy na kilka sekund przed samem zaćmieniem daje się widzieć w powietrzu osobliwy cień, składający się z pasków jasnych i ciemnych. Warunków powstania tego latającego cienia nauka dotąd jeszcze nie objaśniła, przypuszczają tylko, że jest to wynik krzy-

żowania się fal światła. Widzieliśmy, że węzły księżyca odbywają ruch wsteczny na spotkanie słońca co rok o $19^1/_3{}^0$. Skutkiem tego słońce już po upływie 346,6 dni wraca do tego samego położenia względem węzłów księżycowych, jak było przed tem. Pomnożywszy 346,6 przez 19 otrzymujemy 6585; z drugiej zaś strony, gdy wielkość miesiąca synodycznego 29,53 dni pomnożymy przez 223, to otrzymamy również 6585. Widzimy więc, że czas pozornego biegu słońca w odniesieniu do położeń węzłów księżyca, jako też czas lunacyj są to wielkości współmierne. J po upływie 6585 dni czyli prawie 18 lat 11 dni powtarzają się położenia słońca względem węzłów; to znaczy, że w okresie 18 lat 11 dni powtarzać się muszą wszystkie zaćmienia słońca. Okres ten, zwany *sarosem*, znany był w starożytności astronomom chaldejskim. Ponieważ powyższy okres czasu jest niespółmierny ani z dobą, ani z rokiem gwiazdowym, z powodu tego zaćmienie, widziane w pewnem miejscu, po 18 latach 11 dniach, zdarza się już w innem miejscu powierzchni ziemskiej. Ażeby z większą pewnością obliczyć dla danego miejsca zaćmienia słońca, możemy użyć pewniejszego sposobu, jaki już wyłożyliśmy dla zaćmień księżyca. W tym celu musimy rozporządzać trzema tablicami: 1) tablicą przejść księżyca przez węzły, którą dają efemerydy astronomiczne, 2) tablicą dat *nowiu* na szereg lat kilku, 3) tablicą przejść księżyca przez punkt *przyziemny* oraz *odziemny*. Dwie ostatnie tablice można ułożyć bardzo łatwo, znając położenia księżyca. Następnie, rozpatrując uważnie, wybieramy z trzech tablic tylko daty jednakowe, oraz różniące się od chwil przejścia przez węzły nie więcej jak o jedną dobę. Wybrane będą tym sposobem daty główne, z których skreślić musimy wszystkie te, jakie przypadają w okresie czterech tygodni przed porównaniami dnia z nocą, jako też z czterech tygodni po porównaniu. Te zaćmienia, wypadające w miesiącach Marcu, Kwietniu, Wrześniu i Październiku, mogą być widziane na tym samym południku, na którym znajduje się spostrzegacz, lecz tylko w strefach podzwrotnikowych, gdyż słońce jest wówczas w pobliżu równika. Dalej jeszcze wykreślić musimy te daty, które się zbiegają z przejściem księżyca przez punkt odziemny, bowiem w tych warunkach zaćmienie u nas powstawać nie może. Pozostałe daty dadzą nam chwile wszystkich zaćmień słońca, widzianych w danem miejscu jako cząstkowe lub całkowite. Jasnem jest z tego, że całkowite zaćmienia słońca w jednem i tem samem miejscu powierzchni ziemi powtarzać się będą bardzo rzadko, za wyjątkiem strefy gorącej,

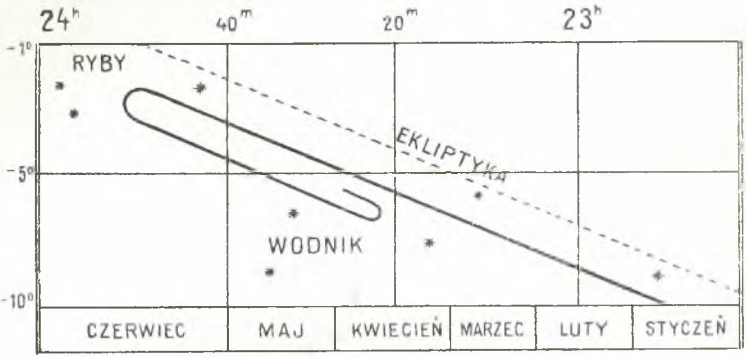
gdzie zaćmienia, jak widzimy, bywają znacznie częściej niż u nas. Podobnemi drogami, jakie objaśniliśmy powyżej, obliczono wogóle, że w okresie 18 lat 11 dni bywa średnio 70 zaćmień, z których 29 księżycowych i 41 słonecznych.

VI. PLANETY I KOMETY.

§ 48. **Planety dolne i górne.** Planetami nazywają się ciała ciemne, oświetlane przez słońce i błąkające się po sklepieniu nieba w kierunkach pewnych linij od Zach. ku Wsch. Jest to ruch prosty. Bywa jednak czasem widziany z ziemi ruch wsteczny od Wsch. ku Zach.; poczem znowu następuje ruch prosty i t. d. Dwie planety, mianowicie Merkury i Wenera, wyróżniają się tem, że nigdy nie oddalają się zbyt daleko od słońca, są zawsze w pobliżu niego i stąd ruchy ich na sklepieniu nieba są skrępowane położeniami słońca. Te dwie planety nazywają się *dolnemi*. Wszystkie inne planety nazywają się *górnemi* i te mają ruchy więcej swobodne, mogą na sklepieniu nieba oddalać się od słońca o 180°. Są to Mars, Jowisz i Saturn, znane w starożytności, oraz Uran i Neptun, a także 500 planetoid między Marsem i Jowiszem, odkryte w czasach nowszych. Wszystkie planety w teleskopach widziane bywają, jako większe lub mniejsze krążki, o pewnych oznaczonych wymiarach. Jako przykłady ruchów prostych i wstecznych przytoczymy poniżej rysunek LVIII, wyobrażający drogę Wenery, oraz rysunek LIX, przedstawiający pozorną drogę Saturna w 1907 r.



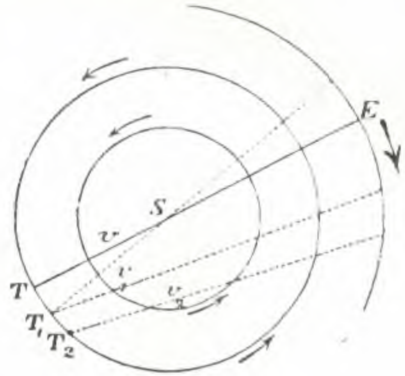
rys. LVII.



rys. LIX.

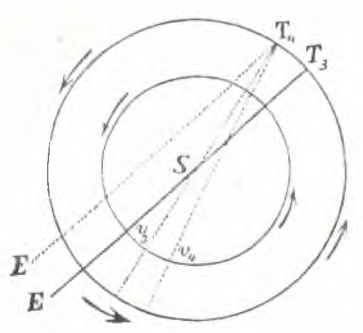
Na LVIII rys. oznaczone są położenia Wenery: *A* jako największe *wydłużenie wschodnie*, a *C* jako największe *wydłużenie (elongancja) zach.*; każde z tych wydłużeń odlegle bywa na sklepieniu nieba o 48° od słońca i dalej ta planeta oddalić się już nie może. Położenia *B* oraz *D* nazywają się *złączeniami* dolnem i górnem. W chwili złączeń Wenera ginie w promieniach słońca i góruje z nim jednocześnie, skutkiem tego bywa niewidzialną. Gdyby ziemia była nieruchomą w przestrzeni, to cały bieg Wenery wzdłuż części drogi *ABC* spostrzegalibyśmy z ziemi, jako ruch wsteczny; gdy tymczasem bieg w kierunku drugiej połowy *CDA* widziany by był przez nas, jako ruch prosty. Gdy teraz uprzytomnimy sobie jeszcze i to, że ziemia ma ruch własny i płynie wolniej niż Wenera od Zach. na Wsch., to zrozumiemy, że liczba dni, w których planeta ma pozornie ruch wsteczny, nie będzie połową całego czasu obiegu, lecz wyniesie tylko 41 dni. Drugi rysunek LIX wskazuje ruch planety Saturna: od Stycznia 1907 do Czerwca ruch był prosty, gdy planeta doszła do gwiazdozbioru Ryb. Od tej chwili ruch prosty wstrzymuje się i w następnych miesiącach przez Lipiec, Sierpień i Wrzesień,.... ruch Saturna staje się wstecznym, dalej od gwiazdozbioru Wodnika znowu staje się prostym i t. d. Dwa wymienione wyżej przykłady jasno wskazują nam oba rodzaje ruchów planet, tak dolnych jak i górnych. Widzimy, że ruchy te są wężykowate z przyczyny skombinowania ruchów samej planety z ruchem ziemi. Istotnie, łatwo pojąć, że gdyby planeta była nieruchomą w przestrzeni, to skutkiem rocznego biegu ziemi, miałaby miejsce paralaksa roczna, znana nam już z § 29 (c), czyli byłby tylko wsteczny ruch pozorny planety po

elipsie podobnej ekliptyce. Jeżeli teraz przyjąć własny ruch planety, to przemieszczenia paralaktyczne w połączeniu z rzeczywistemi muszą wytworzyć na sklepieniu zygzagi i zakręty. Ażeby jeszcze dokładniej objaśnić ruchy proste i wsteczne, szczególniej dwu planet dolnych Merkurego i Wenery, nakreślimy na rysunku LX położenie słońca S, $v v_1 v_2 \ldots$ orbitę planety, $T\,T_1\,T_2 \ldots$ ekliptykę oraz okręg koła E, wyobrażającego sklepienie nieba. Wybierzmy chwilę złączenia dolnego, gdy TvS jest jedna prosta i słońce widziane bywa z ziemi w punkcie E. Gdy ziemia przejdzie do położenia T_1 a planeta v_1, wówczas ujrzymy planetę odsuwającą się od słońca w kierunku strzałki, co jeszcze bardziej uwidoczni się, gdy ziemia będzie w T_2 a planeta w v_2. Jak pokazują nam tutaj kierunki strzałek, opisany wyżej ruch planety po sklepieniu będzie *wstecznym*. Inaczej będzie, gdy ziemia i planeta będą po odwrotnych stronach względem słońca. Z punktu T_3 widzimy słońce S w miejscu E (rys. LXI).



rys. LX.

Gdy ziemia przejdzie od T_3 do T_4, wówczas planeta przesunie się od v_3 do v_4. Jak nam pokazują strzałki w tych położeniach względnych ruch planety będzie *prostym*. Nic trudnego nie byłoby nakreślić podobne rysunki, objaśniające ruchy planet górnych. Oprócz tego przedstawia się nam tutaj jeszcze jedna osobliwość ruchów, mianowicie odmiany światła, odrzucanego przez planety. Na rys. LVIII widzimy, że gdy planeta Wenera jest w wydłużeniach wschodniem i zachodniem A oraz C, wówczas zwraca się ku nam tylko połową swej oświetlonej tarczy, tak jak księżyc w czasie kwadry. W złączeniu dolnem B planeta odwraca się ku nam stroną ciemną, jak księżyc



rys. LXI.

na nowiu. W złączeniu górnem *D* widziana bywa jako cały krążek, słabo widzialny z przyczyny zbyt wielkiego od nas oddalenia. Nareszcie w położeniach pośrednich pomiędzy *A* i *B* oraz *B* i *C* planeta ukazuje się nam jako sierp, najlepiej widziany z ziemi z powodu względnej bliskości.

§ 49. **Prawa ruchów planet.** Wielkie odkrycia Kopernika stanowiły w kosmografii zwrot od błędów dawnych ku prawdzie, ocenionej dopiero w czasach nowszych. Następnym, nie mniej ważnym szczeblem w rozwoju wiedzy astronomicznej były sławne odkrycia praw ruchu, dokonane przez Johanna Keplera w r. 1609. Ten genjalny człowiek przyszedł na świat w wirtemberskiem miasteczku Weil w dniu 27 Grudnia 1571 r. Było to wątłe dziecię, którego ojciec, utrzymujący gospodę, w owych burzliwych czasach ciągłych wojen porzucił wkrótce rodzinę i zaciągnął się do szeregów okrutnych wojsk księcia Alby, uśmierzających Niderlandy. Pod opieką krewnych Kepler ukończył nauki średnie i w r. 1589 wstąpił na uniwersytet w Tübingen dla studjów teologicznych. Tutaj Kepler poznał prześladowaną naukę Kopernika, którą potajemnie wykładał mu z wielkiem poświęceniem prof. Moestlin, przeczuwając w swym uczniu umysł genialny. Po ukończeniu uniwersytetu Kepler, nie ujawniając zamiłowania do surowych studjów luterskiej teologii, z konieczności musiał zostać profesorem matematyki w Gracu. Skutkiem prześladowań wyznawców Lutra, Kepler niezadługo zmuszony był porzucić Grac i przyjąć posadę pomocnika astronoma Tycho-Brahe w Pradze. Fakt ten, czysto przypadkowy, był wielkiego znaczenia dla samego Keplera i dla jego sławnych przyszłych odkryć w astronomii. Po śmierci Tycho-Brahe w r. 1601 Kepler objął po nim posadę cesarskiego matematyka i astronoma i odziedziczył cały, niezmiernie bogaty materjał wszystkich spostrzeżeń, dokonanych przez Tycho-Brahe. Po kilkoletniej wytrwałej pracy Kepler, dobrze rozejrzawszy się w tem, co mu przekazał Tycho odnośnie do położeń planety Marsa, ogłosił swe wiekopomne prawa:

1) *Wszystkie planety krążą dokoła słońca po elipsach.*

2) *Promienie wodzące w równym czasie zakreślają równe pomiędzy sobą pola wycinków.*

3) *Kwadraty czasów pełnego obiegu planet mają się do siebie tak, jak sześciany średnich odległości od słońca.*

Dopiero w r. 1618 Kepler ukończył sprawdzenie ostatniego, najtrudniejszego z powyższych praw i wkrótce praca była ogłoszona w mieście Linzu, dokąd przesiedlił się uczony. Życie swoje

zakończył Kepler w Regensburgu w Bawarji w r. 1630 dnia 15 Listopada

Drugie prawo Keplera, tak zwane *prawo zachowania pól*, może być przystępniej wyłożone tak: Jeżeli oznaczymy przez v oraz v_1 kąty, które opisuje planeta w jednostkach czasu promieniami wodzącymi r oraz r_1, to wycinki pól możemy przyjąć za wycinki kół, opisanych odpowiednio promieniami r i r_1, a więc będzie według wzoru planimetrji

$$\frac{\pi\, r^2\, v^0}{360^0} = \frac{\pi\, r_1^2\, v_1^0}{360^0},$$

stąd wypływa łatwo

$$\frac{v}{v_1} = \frac{r_1^2}{r^2},$$

tedy *prędkości kątowe planety są odwrotnie proporcjonalne względem kwadratów odległości od słońca.*

Bezpośrednie spostrzeżenia potwierdzają to prawo bezsprzecznie. Jeżeli oznaczymy przez t czas obiegu i przez a średnią odległość planety od słońca, to *trzecie prawo* da się ogólnie przedstawić tak

$$(\alpha) \qquad \frac{a^3}{t^2} = c,$$

gdzie c oznacza stałą Keplera, jako liczbę dla wszystkich planet jednakową. Chcąc przedewszystkiem obliczyć wartość stałej c, zastosujemy powyższe prawo do ruchów ziemi. Bierzemy odległość od słońca $a = 1$ i czas obiegu $t = 365{,}256$ dni, tym sposobem otrzymujemy

$$c = \frac{1}{(365{,}256)^2} = 0{,}000007496;$$

podamy jeszcze $lg\, c = 6{,}87481$. Ażeby teraz otrzymać odległość Merkurego od Słońca wiedząc, że czas jego obiegu $t = 87{,}97$ dni, rozwiązujemy równanie (α) jako

$$a = \sqrt[3]{(87{,}97)^2 c} = 0{,}3871.$$

Podobnie dla Wenery będzie

$$a = \sqrt[3]{(224{,}7)^2 c} = 0{,}7233.$$

Możemy łatwo obliczyć odległości wszystkich planet od słońca. Widzimy, jak znaczne korzyści daje nam 3[e] prawo Keplera, wią-

żąc między sobą różne na pozór wielkości i wykrywając ścisły ład matematyczny tam, gdzie istnienia tego nigdy nie podejrzewalibyśmy. Taką drogą uzyskujemy następującą tablicę dla planet głównych:

	czas	odległość		czas	odległość
Merkury . .	87,97	0,3871	Jowisz . .	11,9 *l.*	5,2
Wenera . .	224,7	0,7233	Saturn . .	29,5	9,54
Ziemia . .	365,25	1,000	Uran . . .	84	19,18
Mars . . .	686,98	1,524	Neptun . .	164,8	30,05

Kopernik i Kepler wyjaśnili wszystkie zjawiska ruchów ciał niebieskich. Te dwa wielkie umysły podały nam całą architektonikę wszechświata. Lecz widząc jakąś wielką budowlę, zadajemy sobie mimowoli pytanie, dla czego mamy takie prawo kierujące, a nie inne; czy nie można tutaj wyśledzić głębszej przyczyny, wiążącej wszystkie prawa między sobą. Te pytania rozstrzygnął trzeci genialny człowiek, którym był Izaak Newton. Geniusz ten przyszedł na świat 5-go Stycznia 1642 roku w angielskiej wiosce Woolsthorn w pobliżu miasta Grantham. Niezamożna rodzina wkrótce utraciła ojca, i głównem dążeniem matki Newtona stało się to, ażeby wychować syna na dobrego gospodarza. Jeden z bliższych krewnych wymógł na matce wysłanie młodego Newtona do szkół w mieście Grantham, gdzie uczył się nieszczególnie i w 18 roku życia wyjechał do uniwersytetu w Cambridge (Kembridż). W roku 1666 ukazała się w wielu miejscowościach Anglii morowa zaraza i Newton zmuszony był opuścić uniwersytet i wrócić na wieś, gdzie zagłębił się w naukę i dokonał odkrycia głównego prawa przyrody **powszechnego ciążenia**: *przyciąganie ciał niebieskich ku słońcu jest wprost proporcjonalne do masy i odwrotnie proporcjonalne względem kwadratu odległości.* Ażeby objaśnić to prawo musimy podać przedewszystkiem kilka nowych określeń. Dużego znaczenia i bardzo pożyteczne w nauce jest określenie *siły*, jako *iloczyn masy przez przyśpieszenie:*

$$F = mf, \tag{β}$$

gdzie F oznacza siłę, m masę i f przyśpieszenie, jakie ujawnia się pod wpływem działania siły. Zastrzedz się tutaj musimy jak najwyraźniej, że zawsze pod słowem „*siła*" rozumieć będziemy wy-

rażenie matematyczne *iloczyn z masy przez przyśpieszenie*. Nie należy nigdy nadawać temu jakiegokolwiek znaczenia, że w mowie potocznej pod wyrazem „siła” mieszczą się rozmaite pojęcia. Wkroczylibyśmy w dziedzinę metafizyki, gdybyśmy przypuszczali, że siła jest czemś takiem, co ma odrębny byt realny. [Spowodowałoby to tylko podobną chwiejność, jaka nieopatrznie wkradła się do nauki ścisłej przez nadużywanie wyrazu „energia”. Pojęcie energii jest również wielkiego pożytku określeniem matematycznem; niestety, niektórzy uczeni, upatrują w tym wyrazie coś więcej, aniżeli daje nam ścisle określenie].

Mając określenie siły (β) i pamiętając (§ 23), że przyśpieszenie $f = \frac{v^2}{r}$, gdzie v oznacza prędkość kątową, a r odległość od punktu środkowego, znajdziemy łatwo wyrażenie siły

$$F = \frac{m\,v^2}{r}.$$

Jeżeli ruch jest kołowy, wówczas będzie $v = \frac{2\pi r}{t}$, w którem t oznacza czas pełnego obiegu; będzie tedy

$$(\gamma) \qquad F = \frac{m}{r} \cdot \frac{4\pi^2 r^2}{t^2} = \frac{4\,m\,\pi^2}{r^2}\left(\frac{r^3}{t^2}\right).$$

Na zasadzie 3-go prawa Keplera (α) wiemy, że $\frac{r^3}{t^2} = c$, skutkiem tego zamiast poprzedzającego równania otrzymujemy

$$F = \frac{4\,m\,\pi^2\,c}{r^2}.$$

Oznaczywszy tutaj stały współczynnik $4\pi^2 c = k$, napiszemy $F = \frac{k\,m}{r^2}$, (masa słońca przyjęta jest za *jednostkę*). Jest to matematyczna postać *prawa Newtona*. Widzimy, że jest to jednocześnie prosty i konieczny wynik z prawa Keplera, jeżeli przyjąć powyżej wysłowione określenie siły.

Odwrotnie, prawa Keplera ukażą się nam jako bezpośrednie wnioski z prawa Newtona, jeżeli będziemy uważali to ostatnie prawo za dowiedzione i istniejące powszechnie. W rzeczy samej, weźmy dla jednej planety $F_1 = k\frac{m_1}{r_1^2}$, oraz dla drugiej $F_2 = k\frac{m_2}{r_2^2}$ stąd wypływa wprost $k = \frac{F_1 r_1^2}{m_1} = \frac{F_2 r_2^2}{m_2}$.

Pamiętając teraz o wartościach na F_1 i F_2, odpowiadających wzorowi (γ), otrzymamy z ostatniego równania, po skróceniu

$$\frac{r_1^3}{t_1^2} = \frac{r_2^3}{t_2^2},$$

trzecie prawo Keplera.

Jeżeli teraz weźmiemy pod uwagę ruch jednej i tej samej planety, będzie $m_2 = m_1$ i skutkiem tego, po wzajemnem rozdzieleniu wyżej wzmiankowanych wartości F_1 i F_2, mieć będziemy

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2};$$

atoli wiemy, że w przypadku mas równych siły są proporcjonalne przyśpieszeniom, będzie więc

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}.$$

Mnożąc teraz licznik i mianownik z lewej strony równości przez czas t i pamiętając, że iloczyn z czasu przez przyśpieszenie jest prędkością v, otrzymujemy z ostatniego

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}.$$

Jest to drugie prawo Keplera.

Widzimy z tego wszystkiego, że prawa Keplera i Newtona wiążą się z sobą jak najściślej; łącznikiem zjawia się tutaj nowe pojęcie matematyczne, które nazwaliśmy *siłą*, rozumiejąc tylko pod tym mistycznem słowem iloczyn z masy przez przyśpieszenie.

Newton wszedł na drogę tych ważnych pomysłów, rozmyślając nad biegiem księżyca i widząc w tym ruchu nic innego, jak tylko ustawiczne spadanie tego ciała na ziemię. Później Newton dokonał jeszcze bardzo wielu innych, nie mniej ważnych odkryć i, dożywszy sędziwego wieku, zmarł 20 Marca 1727 roku.

§ 50. **O mierzeniu mas.** Określenie masy łączy się ściśle z określeniem siły i masa mierzy się *ilorazem siły przez przyśpieszenie*. Jeżeli do dwu różnych mas m i m_1 przyłożymy jedną i tą samą siłę F, udzielającą przyśpieszeń f i f_1, wówczas

$$F = mf = m_1 f_1,$$

skąd wypada

$$m : m_1 = f_1 : f,$$

tedy *masy są odwrotnie proporcjonalne względem przyśpieszeń.* To twierdzenie pozwoli nam wyznaczyć masy wszystkich ciał niebieskich, a następnie można będzie jeszcze zważyć te ciała, których objętość znamy. Zastosujemy nasamprzód twierdzenie powyższe do słońca i ziemi.

Przyśpieszenie $f = \frac{v^2}{r}$, które udziela ziemi słońce, obliczy się, jeżeli weźmiemy prędkość $v = \frac{2\pi r}{t}$, gdzie odległość od słońca $r = 23300$ promieni ziemi, oraz $t = 365{,}256 \,.\, 24 \,.\, 60 \,.\, 60$ sekund; tym sposobem będzie $f = 9236 \,.\, 10^{-13}$ prom. ziem. Teraz musimy jeszcze znaleźć, jakie przyśpieszenie ziemia udziela słońcu. Wiemy, że przyśpieszenie przy wolnym spadku na powierzchni ziemi będzie $g = \frac{9{,}81}{6363000}$ prom. ziem., to przyśpieszenie przy oddaleniu się od powierzchni ziemskiej na odległość 23300 prom. ziem. zmniejszy się $(23300)^2$ razy czyli będzie równem

$$\frac{9{,}81}{6363000 \,.\, (23300)^2} = 2840 \,.\, 10^{-18} \text{ prom. ziem.}$$

Skutkiem tego, przyjmując masę ziemi za jedność, otrzymamy, na zasadzie poprzedzającego twierdzenia, masę słońca jako

$$9236 \,.\, 10^{-13} : 2840 \,.\, 10^{-18} = 325200.$$

Liczba ta wypadnie trochę mniejsza, jeżeli za podstawę rachunku wziąć mniejszą odległość od słońca, jako 23280 prom. ziem., wypadnie wówczas 324400 jako masa słońca, zwykle przyjmowana. Mieliśmy (§ 37) dowiedzione, że promień słońca 109 razy przewyższa promień ziemi, a objętość jest 1300000 razy większa, z tego wypada, że gęstość słońca jest $\frac{325000}{1300000} = {}^1/_4$ gęstości ziemi. Wiemy, że gęstość ziemi $= 5^1/_2$, tedy gęstość słońca wynosi $^1/_4 \,.\, 5{,}5 = 1{,}4\ldots$, więc jest nie o wiele większa od gęstości wody. Jeżeli wyrazimy objętość słońca w sześciennych metrach, to prawie tyleż *tonn* (1 tonna = 1000 kilogr.) będzie ważyć słońce. Możemy jeszcze obliczyć, ile razy ciężkość na słońcu będzie większa od ciężkości na ziemi. Ponieważ masa słońca jest większa od masy ziemi 325000 razy, więc przedewszystkiem tyleż razy zwiększy się ciężkość w samym środku bryły; jednocześnie promień słońca 109 razy przewyższa prom. ziem., skutkiem tego poprzednio uważana ciężkość w przejściu od środka na powierzchnię

słońca zmniejszy się 109^2 razy, będzie więc $\frac{325000}{109^2} = 28$ razy większa od ciężkości ziemskiej. Gdyby człowiek znalazł się na powierzchni słońca, wówczas ciało jego byłoby natychmiast napłask zmiażdżone swym własnym ciężarem.

Wyprowadzimy teraz ogólny wzór dla obliczania masy każdej planety, która ma przynajmniej jeden księżyc własny. Niech a oznacza odległość księżyca od planety i t czas pełnego obiegu tegoż księżyca; A odległość planety od słońca oraz T czas jej obiegu dokoła. Wiemy, że przyśpieszenie, które udziela planeta swemu księżycowi będzie, na zasadzie wyżej wyprowadzonych wzorów (§ 49) $f = \frac{4\pi^2 a}{t^2}$. Jeżeli teraz z odległości księżyca przesuniemy się ku samej planecie, wówczas odległość zmniejszy się a razy, a zatem przyśpieszenie, poprzednio uważane, musi wzrosnąć a^2 razy, będzie tedy $\frac{4\pi^2 a^3}{t^2}$. Gdy następnie od planety przejdziemy ku słońcu na odległość A, to poprzedzające przyśpieszenie musi tem samem zmniejszyć się A^2 razy. Jednem słowem znaleźliśmy, że przyśpieszenie, które planeta nadaje słońcu, jest takie

$$f = \frac{4\pi^2 a^3}{t^2 A^2}. \tag{i}$$

Nic trudnego nie będzie obliczyć odwrotnie, jakie przyśpieszenie w czasie ruchu słońce udziela samej planecie. Podług wyżej wzmiankowanego wzoru to przyśpieszenie będzie

$$f_1 = \frac{4\pi^2 A}{T^2}. \tag{k}$$

Zastosujmy teraz znane twierdzenie o masach, nazywając m_1 masą planety i m masą słońca, otrzymamy

$$m_1 = \frac{mf}{f_1}.$$

Podstawiwszy nakoniec w ostatni wzór wartości przyśpieszeń (i), (k), znajdujemy

$$m_1 = m \left(\frac{T}{t}\right)^2 \left(\frac{a}{A}\right)^3,$$

wzór dużego znaczenia przy obliczaniu mas tych planet, które posiadają swój księżyc. Tak naprzykład, wiedząc, że pierwszy

księżyc Jowisza znajduje się na odległości 6 promieni Jowisza, licząc od środka planety, i obiega dokoła w ciągu 1,769 dni średnich, sama zaś planeta jest oddalona od słońca na 11011 promieni własnych i obiega dokoła w 4332,59 dni śr. uzyskamy masę

$$m_1 = \frac{325000 \cdot 4332{,}59^2 \cdot 6^3}{1{,}769^2 \cdot 11011^3} = 309 \qquad \text{(około)}$$

Objętość Jowisza jest 1279 razy większą od objętości ziemi, więc gęstość będzie $\frac{309}{1279} = 0{,}24\ldots$ gęstości ziemi. Siła ciężkości na Jowiszu jest $\frac{309}{11^2} = 2\frac{1}{2}$ razy większa od ciężkości ziemskiej, z tej przyczyny, że przy 309 razy większej masie promień Jowisza jest tylko 11 razy większy od promienia ziemi.

Objaśniliśmy tutaj nadzwyczaj proste drogi, wiodące do znalezienia mas planet, w tych przypadkach, gdy planeta posiada conajmniej jeden księżyc własny. Dla tych planet, które nie mają księżyca, a także dla samych księżyców rachunek jest o wiele trudniejszy od powyższego, gdyż w tym przypadku masę można obliczyć tylko drogą uboczną przy pomocy zwichnięć, wywoływanych w obiegu innych planet. Rachunek jednak w tym razie jest dość chwiejny i nie posiada takiej pewności, jak powyższe, w których dobry wynik zależy jedynie od dobrze obliczonych odległości samej planety i jej księżyca. Przytoczymy tutaj tablicę mas planet głównych, przyjmując masę ziemi za jedność:

Merkury . .	0,06	Jowisz . .	309
Wenus . . .	0,79	Saturn . .	92
Ziemia . . .	1,00	Uran . . .	$13\frac{1}{2}$
Mars . . .	0,10	Neptun . .	$16\frac{1}{2}$.

Zupełnie podobnej metody można użyć do obliczenia ciężaru właściwego ziemi; tylko zamiast księżyca, który służył do obliczania masy ziemi odnośnie do masy słońca, przyjętej za jedność, możemy wziąć bryłę sztuczną. Weźmy, naprzykład, kulę ołowiu cztero-metrowej średnicy, niech masa tej kuli będzie m_1, a masa ziemi m. Przyśpieszenie, które ziemia nadaje bryle ołowiu oznaczamy przez $g = 9^m{,}81$ a przyśpieszenie, które odwrotnie kula ołowiana udzieli ziemi niechaj będzie f; wówczas podobnie, jak mieliśmy powyżej, będzie $m = \frac{m_1\, g}{f}$. Z doświadczeń, czynionych przy pomocy wahadła, lub też czułej wagi skręceń, znajduje się,

że ciała, spadające swobodnie na kulę ołowianą cztero-metrowej średnicy, zwiększają swe przyśpieszenie o wielkość $= 0^m,0000255$. Wiedząc, że ciężar właściwy ołowiu jest 11,4, będziemy mieli wszystkie dane do obliczenia. Przyśpieszenie, jakie udziela bryła ołowiu, w odniesieniu do środka ziemi gdyby tam była skupiona cała masa, będzie $f = \frac{0,0000255}{R^2}$, gdzie R promień ziemi. Tedy ciężar właściwy ziemi czyli gęstość d będzie

$$d = \frac{m}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{\frac{4}{3}\pi . 8 . 11,4 . 9,81 . R^2}{0,0000255 . \frac{4}{3}\pi R^3} = 5,5, \text{ (około)}$$

w którem przyjęto $R = 6\,360\,000$ metr. oraz $m_1 = \frac{4}{3}\pi . 8 . 11,4$.

§ **51. Układ planet.** Planety krążą dokoła słońca w takim porządku: *a*) Merkury, *b*) Wenus, *c*) Ziemia, *d*) Mars, *e*) 500 drobnych planet zwanych *planetoidami*, *f*) Jowisz, *g*) Saturn, *h*) Uran i *k*) Neptun.

a) **Merkury.** Ta planeta znajdując się z pośród wszystkich najbliżej słońca, może być spostrzeganą tylko w chwilach wschodniego i zachodniego wydłużenia wodległości $28^1/_2{}^0$ od słońca. W innym czasie bywa zupełnie niewidzialną. Przez lunetę można dostrzedz odmiany światła i widzieć planetę jako sierp lub półkole, którego widziana średnica zmienia się w granicach od 5″ do 12″. Średnica Merkurego wynosi zaledwie $\frac{2}{5}$ części średnicy ziemskiej, czyli = 758 kilom. Planeta wykonywa obrót dokoła słońca prawie w 88 dni, jest to obieg *syderyczny*. Przeciąg czasu pomiędzy chwilą złączenia planety z ziemią, kiedy oba ciała wraz z słońcem znajdują się prawie na jednej linji, oraz chwilą następnego złączenia nazywa się obiegiem *synodycznym*. Czas ten możemy obliczyć. Gdy planeta przejdzie raz dokoła słońca, wówczas ziemia przesunie się o kąt $\frac{360^0 . 87,97}{365,256}$; ponieważ jednak różnica kątowych prędkości będzie $\frac{360^0}{87,97} - \frac{360^0}{365,256}$, więc planeta dogoni ziemię po

$$\frac{360^0 . 87,97}{365,256} : \left(\frac{360^0}{87,97} - \frac{360^0}{365.256}\right) \text{ dniach} = 27,9 \text{ dn.}$$

Skutkiem tego synodyczny obieg wynosi 87,97 + 27,9 = 115,87 dn. Widząc, że wschodnie wydłużenie wypada w 1907 r. dnia 27

Czerwca i dodając do tej daty 115,87 dni, wyznaczymy następne daty wydłużeń 23 Paźd. i t. d., kiedy planeta błyszczy pięknie, jako gwiazda wieczorna. Masę planety wyznaczyć było bardzo trudno z powodu braku księżyca i tylko niedawno, w r. 1841, przejście komety Enckego w pobliżu planety pozwoliło zauważyć pewne zwiclnięcie ruchu i przypuszczalnie ocenić masę, jako 0,06 masy ziemi. Obrót planety około osi odbywa się, prawdopodobnie, w 88 dniach; nie jest to jednak jeszcze pewne. Gdyby ten czas stwierdził się byłby to drugi przykład jednoczesnego kończenia obrotu około osi, wraz z ukończeniem całkowitego obiegu dokoła słońca. Płaszczyzna orbity Merkurego jest nachyloną pod kątem 7° względem ekliptyki; mimośród tej orbity jest dość duży $= \frac{1}{5}$, skutkiem tego kształt drogi znacznie różni się od koła. Niekiedy w chwilach połączenia z ziemią planeta przesuwa się przez tarczę słońca jako ciemna okrągła plama; w chwilach takich przejść wyśledzono, że planeta ma gęstą atmosferę, chroniącą jądro od nadzwyczajnego gorąca, które na tak bliską odległość wysyła słońce.

b) **Wenus**. Od dawna znaną jest ta planeta, jako nadzwyczaj piękna *gwiazda wieczorna* oraz *gwiazda poranna* (*jutrzenka*), zwana u starożytnych narodów *Vesper* oraz *Lucifer*. Całkowity obieg Wenus wykonywa w 224,7 dni i, jak niektórzy astronomowie przypuszczają, obrót około osi kończy się również w 224 dni. Nie jest to jednak rzeczą pewną i prawdopodobnem jest, że obrót około osi odbywa się tylko w 23 god. 21 min. Wątpliwość tę rozstrzygną dalsze badania teleskopowe.

Synodyczny obieg Wenery oblicza się tak samo, jak Merkurego

$$\frac{360^0 . 224{,}7}{365{,}256} : \left(\frac{360^0}{224{,}7} - \frac{360^0}{365{,}256}\right) = 359{,}3 \text{ dn.},$$

będzie więc 224,7 + 359,3 = 584 dni. Orbita Wenery jest elipsą, której mały mimośród 0,007 wskazuje, że droga planety mało różni się od koła. Płaszczyzna orbity jest nachyloną względem ekliptyki pod $\angle$ 3° 23½′. Wymiary tej planety są prawie takie same jak ziemi, pozorna zaś średnica tarczy zmienia się w granicach od 9″ do 1′. Wenus niewątpliwie otoczona jest atmosferą takiej samej rozległości jak ziemska. Załączony poniżej rysunek LXII i LXIII przedstawia Wenerę w dwu odmianach.

Do zjawisk, których przyczyna jest zupełnie nieznaną, należy fakt, że gdy Wenus przedstawia się w postaci sierpa, to i pozo-

stała część powierzchni planety jest oświetlona słabem fosforycznem światłem.



rys. LXII.
Wenus w 30 dni po złączeniu dolnem.



rys. LXIII.
Wenus w chwili zachodniego wydłużenia.

c) **Mars**. Jest to czwarta z rzędu planeta, licząc od słońca. Bywa widziana podczas całej nocy jako gwiazda o zabarwieniu trochę czerwonawem. Średnica tarczy widzianej zmienia się w granicach od 4″ do 30″,4 zależnie od odległości, największej w złączeniu z słońcem i najmniejszej w przeciwstawieniu. Liczby powyższe pozwalają obliczyć mimośród orbity, który jest dość znaczny = 0,09 i wskazuje, że droga znacznie różni się od koła. Czas obiegu syderycznego wynosi 686,98 dni śr. przy pomocy tej liczby łatwo obliczyć czas obiegu synodycznego.

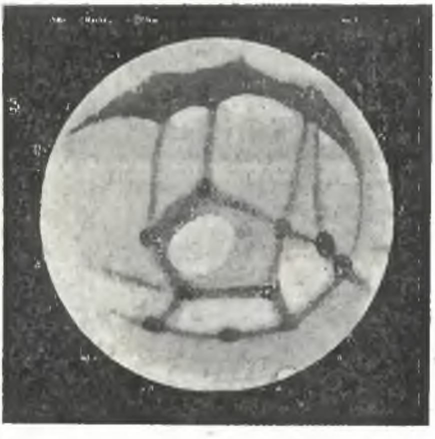
W odróżnieniu od planet dolnych teraz ziemia płynie prędzej od uważanej planety i gdy ziemia skończy całkowity swój obieg, wówczas planeta odsunie się o kąt $\frac{360^\circ . 365,256}{686,98}$, skutkiem tego ziemia dogoni planetę dopiero po

$$\frac{360^\circ . 365,256}{686,98} : \left(\frac{360^\circ}{365,256} - \frac{360^\circ}{686,98}\right) = 414,744 \text{ dniach};$$

tedy obieg synodyczny wypada w ciągu 365,256 + 414,744 = = 780 dni. Należy zauważyć, że jak dla Merkurego tak i dla Marsa drogą powyżej przytoczonego łatwego rachunku uzyskaliśmy tylko średnią wielkość czasu obiegu synodycznego. Obie planety dążą po drogach dość znacznie odstępujących od koła i z tej przyczyny ruch planet bardzo różni się od ruchu jedno-

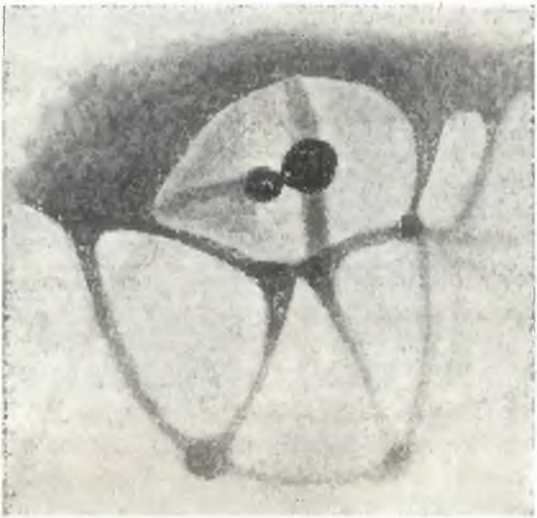
stajnego. Obieg synodyczny Marsa zmienia się w granicach 807 dni i 764 dni. Drogą elementarnego rachunku tylko z znacznym przybliżeniem możemy przewidywać wszystkie położenia planety. Wiedząc naprzykład, że w złączeniu z ziemią Mars był dnia 18 Maja 1905 roku i dodając do tej chwili po 780 dni, obliczymy wszystkie następne złączenia: 6 Lipca 1907 r. i t. d. Przewidywane tym sposobem położenia mogą się jednakże różnić od rzeczywistych niekiedy o kilka lub więcej dni, skutkiem niejednostajnego ruchu planety. Orbita planety nachyloną jest względem ekliptyki pod kątem = 1° 51'; średnica planety jest 0,58 części średnicy ziemskiej, co wynosi 6750 kilom. Gęstość równa się 0,7 gęstości ziemi, a więc ciężar właściwy jest 5,5 × 0,7 = 3,8. Mars posiada atmosferę, sięgającą tylko do 20 kilom. od powierzchni. W roku 1877 odkryto dwa małe księżyce Marsa: *Fobos*, którego średnica = 8,6 kilom. i który od środka planety jest oddalony o 2,7 promieni, kończąc swój pełny obieg w ciągu 7 god. 39 min. i drugi *Dejmos*, którego średnica 8,4 kilom. oddalenie od środka planety = 7 promieniom, a obieg 30 god. 18 min. Planeta Mars wykonywa obrót około swej osi w ciągu 24 god. 39½ min. i w czasie połączenia z ziemią ukazuje nam bardzo ciekawe szczegóły swej powierzchni, jak to pokazują nam dwa załączone rysunki rys. LXIV i LXV.

Oba rysunki przedstawiają nam jedną i tą samą część powierzchni widzianą w czasie złączeń w latach 1905 i 1907. Na pierwszym rysunku widzimy jeziora i kanały, które czasem podwajają się. Rysunek z 1907 roku jest ciekawy z tego względu, że ciemna plama, nazwana *jeziorem słońca*, zdwaja się. Szczegółu tego dawniej nie dostrzegano i jezioro widziano zawsze pojedyńczo. Oprócz tego kształt obu plam dowodzi, że podwajanie nie jest wcale złudzeniem wzrokowem, jak dawniej niektórzy astronomowie ogólnie przypuszczali. Czy kana-



rys. LXIV.
Mars w r. 1905

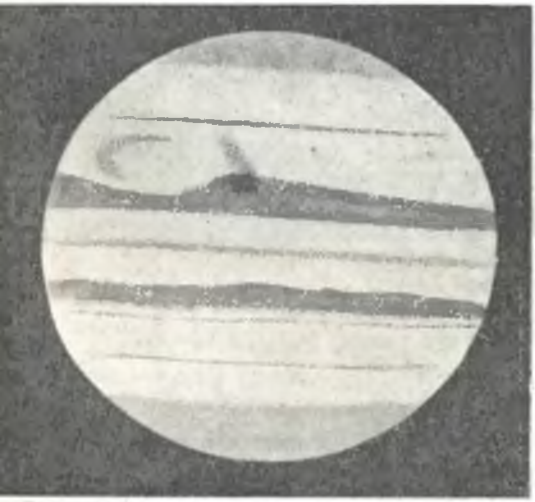
ły i jeziora Marsa nie są chociażby w części dziełem istot rozumnych, tego stanowczo rozstrzygnąć nie możemy.



rys. LXV.
Mars w r. 1907.

d) **Planetoidy.** Po za Marsem następuje szeroki pas przestrzeni, w którym krąży około 500 drobnych planetek, z których pierwsza *Ceres* odkryta była w r. 1801 przez astr. Piazziego i może być widziana nieuzbrojonem okiem, jako gwiazda 7-ej wielkości. Trochę później odkryto jeszcze drugą małą planetę nazwaną *Westa*, jako gwiazdkę 8-ej wielkości i tak do roku 1845 znano tych planetek tylko cztery. Po udoskonaleniu teleskopów nastąpiło odkrycie kilkuset bardzo drobnych planet, widzianych już tylko przez silne teleskopy; a w ostatnich kilku latach odkryto jeszcze 88 planetek przy pomocy czułych klisz fotograficznych. Oko ludzkie już jest za słabe, ażeby dostrzegać te drobniutkie ciałka. Średnica *Ceres* = 964 kilom. i *Westy* = 380 kilom. Średnica najmniejszej planetki *Agaty* wynosi zaledwie 7 kilom. Nachylenie płaszczyzn orbit planetoid względem ekliptyki jest znaczne, tak, że prawie trzecia część wszystkich ma wspomniane nachylenie = 10° a niektóre nawet dochodzą do 35°; to sprawia, że planetoidy błądzą daleko od ekliptyki i mogą być dostrzegane w rozmaitych częściach nieba. Drogi tych drobnych ciał są więcej eliptyczne aniżeli drogi dużych planet.

e) **Jowisz.** Cztery następne wielkie planety po za pasmem planetoid nazywają się *zewnętrznemi* z powodu wielkiej różnicy pomiędzy niemi i ziemią. Jowisz jest największą planetą w układzie słonecznym, objętość jego przewyższa ziemię 1279 razy. Planeta obiega dokoła słońca w ciągu 11 lat 314 dni; stąd czas obiegu synodycznego oblicza się bardzo łatwo tak, jak dla Marsa i wynosi 399 dni. Obrót około osi odbywa się w ciągu 10 godzin. Pozorna średnica tarczy zmienia się od 30″ do 51″, stosownie do odległości. Od czasu wynalezienia teleskopów aż do roku 1895 znano tylko cztery księżyce Jowisza, z których największy *trzeci* (rys. LXVII), zwany *Ganimed*, ma średnicę 5790 kilom., nieco mniejszą od Marsa i jest oddalony od środka planety o 15 promieni Jowisza przy 7 dniach $3\frac{1}{2}$ godz. obiegu dokoła. W roku 1895 w obserwatorjum Licka dostrzeżono 5-ty drobny księżyc, a w ostatnich kilku latach odkryto przy pomocy klisz fotograficznych jeszcze dwa drobniutkie księżyce, niewidzialne dla oka. Takim sposobem wszystkich księżyców jest siedm. Rysunek LXVI wyobraża widok tarczy Jowisza.



rys. LXVI.
Jowisz.

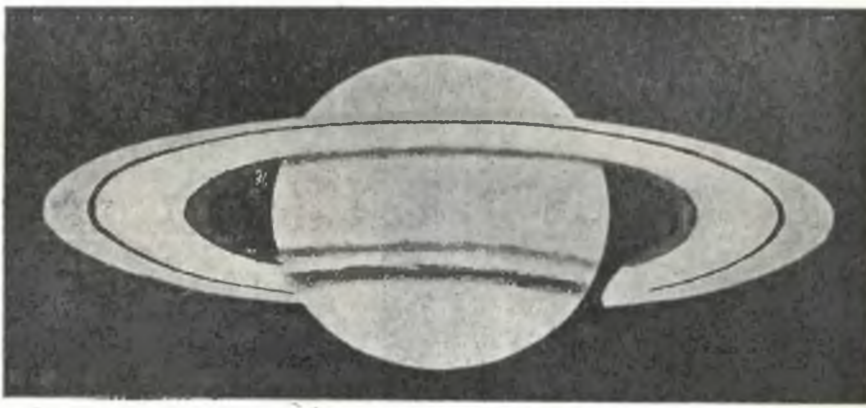


rys. LXVII.
3-ci księżyc Jowisza.

Na tarczy Jowisza zawsze widać smugi, rozmieszczone równolegle, a w jednej z tych smug widoczna jest stała wielka plama różowa. Obecność smug objaśnia się tem, że Jowisz posiada

wielkich rozmiarów atmosferę, która skutkiem ruchu obrotowego, podobnie jak passaty ziemskie, tworzy pod równikiem, dużej siły, stałe prądy gazów. W dość znacznem oddaleniu od równika dwa przeciwne prądy spotykają się, tworząc potężny, stały wir w tem miejscu. Wir z konieczności fizycznej musi odsłaniać barwne jądro samej planety. Różowe zaś zabarwienie wskazuje, jak się zdaje, że stałe jądro na swej powierzchni musi zawierać związki metali lekkich: potasu, sodu, glinu i litynu, których tlenki mają zwykle zabarwienie żółte lub fiolkowe. Inne tłomaczenie obecności różowej plamy polega na przypuszczeniu istnienia wielkiego wulkanu. Badania widmowe stwierdziły obecność pary wodnej.

f) **Saturn**. Jak pokazuje nam rys. LXVIII Saturn bardzo różni się od wszystkich innych planet tem, że posiada pierścienie.



Saturn. rys. LXVIII.

Ruch dokoła słońca jest powolny, gdyż całkowity obieg kończy się w 29 lat 167 dni, synodyczny zaś obieg wynosi 1 rok 13 dni; natomiast obrót około osi jest tak szybki, jak Jowisza i równa się 10 god. $14^{1}/_{2}$ min. Orbita planety nachylona jest względem ekliptyki pod kątem $2^{1}/_{2}^{0}$. Średnica Saturna 9 razy przewyższa ziemską, a objętość 719 razy większa. Pierścienie i księżyce planety odkryte zostały przez Galileusza po wynalezieniu teleskopu. Głównych pierścieni jest trzy, dzielą się one pustemi przerwami na mniejsze współśrodkowe. Po drobiazgowych badaniach wielu uczonych stało się pewnem, że pierścienie nie mogą się składać z materyi ciągłej, stałej lub płynnej, gdyż w takim przypadku równowaga byłaby niemożliwa. Okazało się, że

pierścienie utworzone są z wielkiego zbiorowiska drobnych ciałek, błąkających się dokoła planety. Oprócz pierścieni planeta posiada 10 księżyców, z których ośm było znanych dawniej, dziewiąty odkryty został w r. 1899, a przed dwuma laty wyśledzono przy pomocy klisz fotograficznych istnienie dziesiątego księżyca, niewidzialnego dla oka nawet przez teleskop. Największy z księżyców nazywa się *Tytan*, odkryty był w r. 1655 przez Huygensa i przypuszczalnie ma 2260 kilom. średnicy, więc znacznie mniejszy od księżyców Jowisza; jednak masa Tytana $1\frac{1}{2}$ raza przewyższa masę naszego Księżyca.

g) **Uran**. Ta planeta odkrytą została dopiero przez Herszla w r. 1781 i jakkolwiek dawniej był kilkakrotnie spostrzegany w XVII stuleciu, to jednak przy braku teleskopów był zaliczany do gwiazd stałych 7-ej wielkości. Dopiero w silnych teleskopach można zmierzyć średnicę tarczy Urana, dochodzącą do 4″. Uran kończy swój obieg dokoła słońca w 84 lat $7\frac{1}{2}$ dni, płaszczyzna drogi wypada prawie na samej ekliptyce ($\angle$ $46\frac{1}{3}'$). Planeta posiada cztery księżyce, z których pierwszy odkryty był dopiero w r. 1877 przez Herszla młodszego. Ruch księżyców stanowi tę osobliwość, że jest wsteczny, to jest odbywa się od Wsch. ku Zach.; zdaje się jednak, że wsteczny ruch jest tylko pozornym, skutkiem tego, że kąt, który tworzy orbita księżyca z ekliptyką jest bliskim 90°.

h) **Neptun** odkryty został przez ast. Gallego na skutek teoretycznych obliczeń i wskazówek Leverriera. Był to prawdziwy tryjumf nauki, gdy Leverrier z zwichnięć jakim podlega Uran, obliczył teoretycznie wszystkie elementy drogi hypotetycznej planety, która te zakłócenia wywołuje w biegu swego sąsiada. Nowej planecie dano nazwę *Neptun* i w rok po jej odkryciu dostrzeżono jeden księżyc, który odbywa dokoła planety ruch wsteczny od Wsch. ku Zach. Planeta Neptun widzianą bywa tylko w silnych teleskopach jako mała tarcza, której średnica dochodzi tylko do $2\frac{1}{2}''$, czas obiegu około słońca = 164 lat 281 dni. Średnica planety = 50000 kilom., objętość 55 razy przewyższa ziemię, a nachylenie drogi względem ekliptyki tworzy kąt 1° 47′. Ciekawem jest to, że już Lalande w r. 1795 widział Neptuna, nie podejrzywał jednak, że to jest planeta i zaliczył ją do gwiazd stałych 8-ej wielkości.

Planeta przedmerkurowa. Starożytni astronomowie rzadko widywali Merkurego, nawet Kopernik nigdy nie miał sposobności zobaczyć tę planetę, z powodu niewystarczającej znajomości ruchu

planety. Dopiero po wynalezieniu teleskopów elementy drogi Merkurego zostały dokładnie określone. Po świetnie zakończonych przepowiedniach teoretycznych Leverriera, uczony ten zajął się teorją zwichnięć ruchu Merkurego i po długiej pracy lat kilku wywnioskował, że między Słońcem i Merkurym powinna być jeszcze jedna planeta, której przypuszczalne położenie usiłował określić. Zalecono szukać tej planety w czasie całkowitych zaćmień słońca lub też szukać jej przebiegu po samej tarczy słońca, jako małej ruchomej plamy. Obserwacje Webera, Wolffa, Scheutena, Hinda, Watsona i wielu innych zdawały się potwierdzać przypuszczenia Leverriera. Jedni widzieli małą gwiazdkę w pobliżu słońca, inni czarną plamkę, przesuwającą się po tarczy słońca; jednakże wszystkie te usiłowania zawierają jeszcze dużo sprzeczności i nie dają nic pewnego. Kwestja istnienia planety przedmerkurowej pozostaje otwartą do dnia dzisiejszego, tworząc wdzięczne pole badań dla młodych miłośników kosmografii. Z wszystkich spostrzeżeń w wzmiankowanej kwestyi wyciągnięto jeden wniosek ogólny, że między słońcem i Merkurym bardzo możliwem i prawdopodobnem jest istnienie nie jednej planety, lecz całego roju drobnych asteroidów, wywołujących niezbyt wielkie zakłócenia w biegu Merkurego.

§ 52. **Komety i meteoryty.** Kometami nazywają się ciała, bardzo różniące się od innych ciał niebieskich, po pierwsze tem, że mają szybki ruch postępowy, po drugie, ukazują się na niebie nagle i dość rzadko i po trzecie, bardzo często mają po za sobą świetlane warkocze rozmaitych rozmiarów i kształtów. Warkocz komety jest zawsze odrzucony po przeciwną stronę względem położenia słońca, z tego wywnioskowano, że jest to mglisty obłoczek gazów, które jądro wyrzuca z siebie podczas biegu. Gazy te pod wpływem elektrycznych działań słońca, są od niego odpychane. Drogi większości komet są paraboliczne, w ognisku paraboli znajduje się słońce; takie komety, obiegłszy raz dokoła słońca, odbiegają w niezmierzoną przestrzeń wszechświata. Niektóre komety obiegają dokoła słońca perjodycznie, a więc mają orbity eliptyczne, bardzo wydłużone.

Dla dokładnego poznania drogi komety trzeba obliczyć: 1) długość węzła wstępującego, 2) nachylenie orbity względem ekliptyki, 3) długość punktu przysłonecznego, 4) odległość komety od słońca, 5) czas przejścia przez punkt przysłoneczny. Gdy przy pomocy bezpośrednich spostrzeżeń te wszystkie elementy są poznane, wówczas kometa staje się ciałem tak dobrze określonem

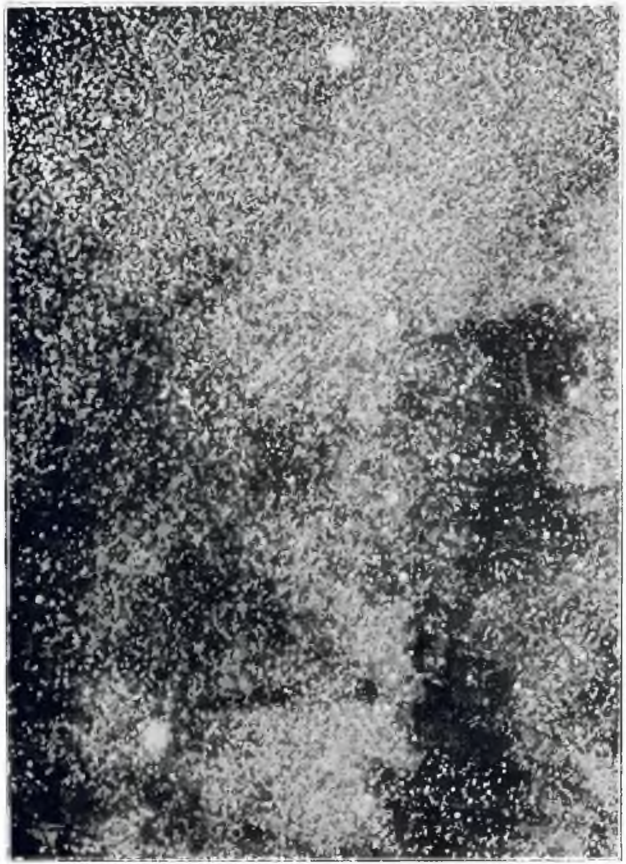
jak każda z planet. Pierwszy Halley porównywał między sobą drogi komet 1531 r., 1607 r. i 1682 r. i z podobieństwa wniósł, że jest to jedna i ta sama kometa, ukazująca się perjodycznie; na tej zasadzie Halley przepowiedział, że po 75 latach od ostatniego przejścia, to jest w roku 1759 kometa ukaże się znowu. Istotnie, ta przepowiednia stwierdziła się świetnie i kometa otrzymała nazwę *Halleya*. Widziano tę kometę w roku 1835 i oczekiwaną jest w 1911 roku. Po tak sławnem odkryciu Halleya astronomowie zaczęli pilnie przeglądać katalogi czterystu kilkunastu komet, znanych dotąd, ażeby zbadać, czy nie ma więcej komet perjodycznych. Okazało się jednak, że tylko niewielka liczba około 20 komet może być zaliczona do takich, które w pewnych długich okresach czasu obiegają dokoła słońca. Podzielono komety perjodyczne na dwie wybitne grupy. Do pierwszej grupy zaliczają się takie, które biegną po swych wydłużonych elipsach w ciągu od 3 do 7 lat, mając średnią odległość od słońca liczbę, pośrednią pomiędzy odległością Marsa a Jowisza. Do tych należą: 1) Kometa *Enckego* obr. $3^1/_3$ lat, 2) *Bieli* obr. $6^3/_4$ lat (*), 3) *Faye* obr. $7^2/_5$ lat, 4) *De-Vico* obr. $6^2/_5$ lat, 5) *Brorsena* obr. $5^1/_2$ lat, 6) *Tempela I* obr. 5,7 lat, 7) *Winneckego* obr. 5,8 lat, 8) *Tempela II* obr. $6^1/_2$ lat, 9) *D'Arresta* obr. 6,7 lat i kilka innych. Wszystkie te komety są teleskopowe. Drugą grupę stanowią te komety, których liczba lat obiegu jest większa od 7 i mniejsza od 77 lat. Wybitniejsze z nich: 1) *Ponsa* obr. $71^1/_2$ lat, 2) *Olbersa* obr. $72^1/_2$ lat, 3) *De-Vico* 73 lata, 4) *Westfala* 69 lat, 5) *Halleya* 76 lat, i kilka innych. Wszystkie te komety mają ruch prosty za wyjątkiem komety Halleya, której ruch jest wsteczny. Druga grupa posiada bardzo znaczne nachylenia orbit względem ekliptyki i bywa łatwo widziana okiem nieuzbrojonem w czasie przejścia przez punkt przysłoneczny.

Przy niniejszem załączamy fotografię nowej komety Giacobiniego, która ukazała się na niebie w końcu 1905 r. w gwiazdozbiorze Węża. Co się tycze fizycznego ustroju komet, to tutaj wiadomości nasze są bardzo skąpe. Zdaje się być pewnem dzisiaj tylko to, że jądro komety nie jest jednolitem, lecz przedstawia ogromne zbiorowisko, tak zwanych *meteorytów*, otoczonych gazami węglowodorowymi i parami sodu. Za tem przypuszczeniem przemawia kilka faktów. Mianowicie, naocznemi spostrzeżeniami stwier-

(*) Biely, słowak rodem, major wojsk austrjackich, odkrył tę ciekawą kometę w r. 1826.

dzono, że kometa *Bieli* w r. 1846 w miesiącu Marcu pod wpływem Jowisza rozdwoiła się na komety samodzielne, bardzo blisko względem siebie położone; później w r. 1852 widziano powrót obudwu komet, lecz już znacznie od siebie oddalonych. W następnych powrotach komety zauważono już tylko obfity rój meteorytów, a w roku 1872 i sama kometa znikła bez śladu i ostatecznie rozpadła się na cząstki. Podobna segmentacja była zauważona i u innych komet. Drogi niektórych rojów meteorycznych, jak naprzykład, *perseidów, leonidów,* wypadają dokładnie na drogach niektórych znanych komet, stwierdzając tem, że meteoryty muszą być wytworami samych komet. Analiza widmowa wykryła niewątpliwe ślady w wielu kometach węglowodorów i sodu metalicznego. Nowsze teorje przypuszczają obecność ujemnego ładunku elektrycznego w jądrze komety, które, pod wpływem dodatniej elektryczności bryły słonecznej, ulega ciągłemu powolnemu wyładowaniu, jonizując tem samem subtelne gazy warkocza. Wynikiem jonizacji jest samoświecenie ogona komety na podobieństwo promieni katodalnych, podczas przejścia przez punkt przysłoneczny. Gdy kometa oddali się już od słońca, jonizacja znika, warkocz gaśnie, jądro rozstępuje się i najświetniejsza kometa przybiera postać lekkiej mgły, nie pokrywającej nawet gwiazd stałych, aż nareszcie, jako słabo dostrzegalny obłoczek, znika zupełnie. Masa komet jest tak drobna, że, przechodząc czy to w pobliżu Jowisza, czy w bliskości Ziemi, nie wywołują one żadnych zakłóceń ruchu, same jednak uczuwają wpływ silnego przyciągania czy to ze strony słońca, czy też ze strony planet, przyśpieszają swój ruch, a nawet zbaczają z pierwotnej swej drogi.

Meteoryty, które są swem pochodzeniem blisko związane z przyrodą komet i planet, dzielą się na dwa główne rodzaje: 1) Jedne przesuwają się szybko po sklepieniu nieba i nazwane są *gwiazdami spadającemi,* chociaż wcale nie są gwiazdami, ani nie spadają na ziemię. 2) Drugie ukazują się nagle w pobliżu ziemi jako świetne kule ogniste, wolno płynące, aż w końcu po jednym lub dwu głośnych wybuchach pękają, sypiąc na ziemię grad to większych, to mniejszych kamieni, w których główną składową częścią jest żelazo, mangan i nikiel. Te kule ogniste nazywają się także *meteorami* lub *bolidami.* Znane są takie zdarzenia, kiedy bryły żelaza po kilkadziesiąt, a nawet i kilkaset funtów spadały na powierzchnię ziemi. Pierwszą taką wielką masę 1600 funtów meteorycznego żelaza znalazł Pallas na Syberyi w okolicy Krasnojarska w r. 1772. Niektóre bolidy, zawierające



Fotografia Drogi mlecznej.



Fotografia komety „Giacobini'ego

dnia 7 Stycznia 1906 r.

zaledwie ślady żelaza, i składające się przeważnie z związków glinu, krzemu i litu, nazywają się także *aerolitami*. Przypuszczają, że bolidy są drobniutkiemi planetami, czyli asteroidami. Chociaż każdej niemal nocy można widzieć bieg meteorytów po niebie, to jednak są także liczne ich roje, prawidłowo powtarzające się w pewnych odstępach czasu. Tak naprzykład, od 10 do 12 Sierpnia ukazuje się gęsty korowód meteorytów, wybiegających jakoby z jednego punktu, z gwiazdozbioru *Perseusza*, są to tak zwane *perseidy*, a lud prosty nazywa je *łzami S'go Wawrzyńca*. Drugi nie mniej obfity rój bywa w połowie Listopada, ma on punkt wyjścia obok gwiazdy α Lwa; rój ten nazywają *leonidami*. Obydwa roje powstały z rozpadnięcia znanych komet Tempela i Swifta i krążą perjodycznie, rozsypane na drogach macierzystych. Po latach mniej więcej 30-tu ziemia przechodzi przez jądro roju czyli przez miejsca gęściej usiane meteorytami i wówczas to w wyżej wymienionych miesiącach po północy ukazuje się na niebie prawdziwy deszcz gwiazd spadających, jak to było, naprzykład, w r. 1832 i 1862.

Oprócz bolidów i meteorytów na ziemię spada jeszcze pył kosmiczny, zauważony poraz pierwszy przez Nordenszylda (Nordenskjold) w czasie jego podróży do bieguna północnego. Najgęstszy i najobfitszy spadek pyłu żelaza kosmicznego był spostrzeżony 3 Maja 1892 r. Znaleziono wówczas taki pył w okolicach podbiegunowych, a nawet w północnej Danji, Szwecji i Finlandji na przestrzeni 1600 kilom. długości i 400 kilom. szerokości.

VII. GWIAZDY STAŁE, MGŁAWICE ORAZ HYPOTEZY KOSMOGONICZNE.

---

§ 53. **Ruch i masa gwiazd.** Chociaż powierzchowne spostrzeżenia narzucają nam myśl, że gwiazdy są nieruchome, to jednak ściśle pomiary położenia gwiazd w długich odstępach czasu okazują drobne przesunięcia gwiazd po sklepieniu nieba. Są to ruchy własne, które posiadają wszystkie gwiazdy. Ruch ten może być dostrzeżony, jeżeli odbywa się w kierunku prostopadłym do promienia, idącego od gwiazdy do oka spostrzegacza i mierzy się

wielkością łuku przesunięcia, jako drobny ułamek liczby sekund; gwiazdy α Centaura, Arktur, Syrjusz i Procjon przemieszczają się więcej niż o 1″ corok. Widocznem jest z tego, że tym sposobem nie mierzymy jeszcze samego ruchu w miarach bezwzględnych to jest w liczbie kilometrów na sekundę. Zmierzyć prędkość ruchu gwiazdy w kilometrach możemy tylko w tym przypadku, jeżeli oprócz wielkości przemieszczenia znamy jeszcze paralaksę roczną, a stąd i odległość gwiazdy od nas, albowiem wówczas łatwo będzie sekundy łuku zamienić na ilość kilometrów, przy pomocy wzorów planimetrji. Jeżeli jednak gwiazda nie odbywa ruchu własnego w kierunku prostopadłym do promienia wzrokowego, natenczas metoda powyżej wskazana nie może dać żadnych wyników. Nie możemy przypuszczać, że taka gwiazda jest zupełnie nieruchomą w przestrzeni, lecz że przesuwa się ona w kierunku samego promienia wzrokowego, dążąc wprost do oka spostrzegacza, albo oddalając się od niego. Mówiliśmy już o tem, że w tych przypadkach przyrząd widmowy daje nam ściśle wskazówki co do pomiarów podobnego ruchu gwiazd. Jeżeli gwiazda zbliża się do oka, to wszystkie prążki jej widma będą przesunięte ku fiołkowej części widma i przeciwnie, gdy gwiazda oddala się, to prążki widma przemieszczają się ku czerwieni. Przyrząd widmowy zaopatrzony siatką dyfrakcyjną pozwala wymierzać długość fali każdego promienia widmowego. Niech więc normalna długość fali danego promienia będzie λ, wówczas prędkość światła rozpatrywanej barwy będzie oczywiście taka

$$300000 \frac{\lambda}{\lambda} \text{ kilom.},$$

albowiem światło przebiega po 300000 kilom. na sekundę. Gdy z przyczyny oddalania się źródła światła, to jest gwiazdy, długość fali świetlnej skutkiem zmniejszonego oporu ośrodka stanie się większą jako λ', wówczas i prędkość światła rozpatrywanej barwy już nie będzie taka jak poprzednio, a tylko większa jako

$$300000 \frac{\lambda'}{\lambda}.$$

Różnica napisanych wyżej liczb da nam istotną szybkość, z jaką gwiazda od nas oddala się

$$v = 300000 \frac{\lambda' - \lambda}{\lambda} \text{ kilom.}$$

Jeżeli gwiazda zbliża się ku nam, natenczas szybkość światła danej barwy zmniejszy się, ilość drgań staje się częstszą, a zarazem skutkiem oporu długość fali λ' stanie się mniejszą od normalnej i w tym przypadku chyżość ruchu samej gwiazdy będzie

$$v = 300\,000 \frac{\lambda - \lambda'}{\lambda} \text{ kilom.}$$

Metoda, powyżej wyłożona, jest fizyczną, podaną była przez Dopplera i daje wyniki doskonałe; jest ona o tyle wyższą od metod astronomicznych, że daje odrazu odpowiedź w miarach bezwzględnych.

Takiemi drogami zbadano prędkości ruchu bardzo wielu gwiazd, oprócz tego poznano wiele gwiazd podwójnych, z których główna bywa świecąca, a druga ciemna. Tymczasem dawniej od czasów Herszla znano tylko gwiazdy podwójne i potrójne, z których każda świeci samodzielnie. Po zbadaniu ruchów gwiazd po stwierdzeniu faktu, że niektóre mają swych towarzyszy, określono czas wzajemnego obiegu, a to dało już możność obliczania masy przy pomocy wzoru wyprowadzonego w § 50, który napiszemy w takiej postaci

$$m = \left(\frac{a}{A}\right)^3 \left(\frac{1}{t}\right)^2,$$

a więc przyjęliśmy tutaj masę słońca za jedność i czas obiegu ziemi także za jedność; tedy liczbę t musimy wyrażać w latach. Stosunek $\frac{a}{A}$ przy mierzeniu mas planet otrzymywaliśmy, wyrażając odległości a oraz A w jednakowych jednostkach; zobaczymy, że i dla niektórych gwiazd będzie to zupełnie możebne. Weźmy dla przykładu gwiazdę *Syrjusz*. Poznano, że Syrjusz ma ciemnego towarzysza, który obiega dokoła gwiazdy głównej w ciągu 50 lat, mamy tym sposobem $t = 50$. Dalej odległość towarzysza od środka głównego ciała wymierzono jako $7'',4$; jest to odległość kątowa, widziana z ziemi, a że już wiemy, że paralaksa roczna Syrjusza $0'',38$ stanowi kąt, pod którym z tej gwiazdy byłby widziany promień orbity ziemskiej, tedy będzie

$$\frac{a}{A} = \frac{7,4}{0,38}.$$

Przy pomocy uzyskanych tą drogą liczb znajdujemy masę Syrjusza

$$m = \left(\frac{7,4}{0,38}\right)^3 \left(\frac{1}{50}\right)^2 = 3 \quad \text{(około).}$$

Tak więc masa Syrjusza 3 razy przewyższa nasze słońce. Podobnym sposobem znaleziono, że towarzysz Syrjusza $1^1/_2$ raza przewyższa masę słońca. Widzimy, jak potężny świat kryje się w dali od nas. Droga, objaśniona wyżej, prowadzi nas łatwo do poznania mas tych gwiazd podwójnych, których paralaksa wymierzona bez błędu.

	masa słońca=1		masa słońca=1
α Centaura . . .	1,8	70 p. Wężownika	$2^1/_2$
η Kasiopei . . .	8,3	0^2 Erydana .	1

Gwiazda 1-ej wielkości α Centuara jest pod względem masy prawie 2 razy większa od słońca, tymczasem η Kasiopei, 4-ej wielkości, 8 razy przewyższa słońce, jest ona znacznie dalej w przestrzeni, aniżeli pierwsza z tych gwiazd. Obliczenia te jak najzupełniej potwierdzają fakt, że słońce należy także do gwiazd, że jest gwiazdą jedną z najmniejszych we wszechświecie.

Tak ciekawy wynik prostego arytmetycznego rachunku daje się uzyskać w przypadku gwiazd podwójnych przez przenoszenie danej gwiazdy na odległość słońca, drogą rozumowania. Samo przez się rozumie się, że, jeżeli gwiazda nie ma towarzysza, to znajomość paralaksy rocznej nie wystarczy już do obliczenia masy. Stajemy się wówczas zupełnie bezsilnymi do przeniknięcia tej tajemnicy. Lecz tam, gdzie już analiza matematyczna nie sięga, dociera jeszcze analiza widmowa wraz z fotografią. Fotografia gwiazd udoskonalona przez Henry'ego wynajduje i utrwala położenie wszystkich gwiazd nawet takich, których nie widać w teleskopach. Jako przykład wielkiego znaczenia fotografii wskażemy, że tylko przy pomocy klisz wyśledzono w Plejadach 1421 gwiazd aż do 16-ej wielkości włącznie, oraz jedną nową mgławicę, nigdy przed tem nie widzianą. Analiza widmowa wykrywa skład chemiczny najodleglejszych gwiazd i mgławic. Wobec tego powiedzieć możemy, że te obserwatorja astronomiczne, które dziś nie posiadają udoskonalonych przyrządów fotograficznych i widmowych, są raczej muzeami astronomii, nieprzygotowanemi do nowych odkryć w nauce.

§ 54. **Gwiazdozbiory.** Dla łatwiejszego zapamiętania położeń gwiazd na sklepieniu, gwiazdy, skupione niezbyt daleko jedna od drugiej, łączą się w gromady, zwane *gwiazdozbiorami* lub *konstela-*

cjami. Starożytni wyobrażali sobie oprócz tego najrozmaitsze postaci mitologiczne, które rysowali na swych atlasach nieba (*). Dzisiaj nazwy gwiazd pozostawiono bez zmian, lecz rysunki dawne zupełnie zarzucono. Podajemy poniżej spis gwiazdozbiorów:

Gwiazdozbiory półkuli północnej	Wznoszenie proste		Zboczenie
1. Andromeda . . .	0^h	40^m	$+38^0$
2. Cefeusz	22	0	70
3. Herkules	17	10	27
4. Jaszczurka . . .	22	20	43
5. Kasiopea	1	0	60
6. Koń mały	21	10	7
7. Korona północ. .	15	40	30
8. Lew mały . . .	10	20	35
9. Lis	20	10	25
10. Lutnia	18	45	36
11. Łabędź	20	30	40
12. Niedźwiedz. wielka	11	20	50
13. Niedźwiedzica mała	biegun		półn.
14. Ostrowidz . . .	7^h	50^m	45^0
15 Pegaz	20	30	19
16. Perseusz	3	20	44
17. Pies mały . . .	7	30	6
18. Psy gończe . . .	13	0	40
19. Smok	16	0	65
20. Strzała	19	50	17
21. Trójkąt	2	0	32
22. Włosy Bereniki .	12	40	27
23. Wolarz	14	20	35
24. Woźnica	6	0	42
25. Żyrafa	5	35	69
26. Delfin	20	35	12

Gwiazdozbiory równikowe i zodjakalne	Wznoszenie proste		Zboczenie
a) **Równikowe:**			
1. Orjon	5^h	20^m	$+ 5^0$
2. Jednorożec . .	6	30	— 2
3. Orzeł	19	30	+ 2
4. Sekstans . . .	10	10	— 7
5. Wąż	15	30	+ 8
6. Wężownik . .	16	10	— 2
b) **Zodjakalne:**			
1. Baran	2^h	30^m	$+20^0$
2. Byk	4	30	+18
3. Bliźnięta . .	7	0	+24
4. Rak	8	30	+20
5. Lew	10	30	+15
6. Panna . . .	13	20	— 2
7. Wagi	15	0	—14
8. Skorpjon . .	16	20	—26
9. Strzelec . . .	19	0	—25
10. Koziorożec . .	20	40	—20
11. Wodnik . . .	22	10	—13
12. Ryby	0	20	+10
Gwiazdozbiory półkuli południowej, widzialne u nas			
1. Pies wielki . .	6^h	30^m	$—24^0$
2. Erydan . . .	3	50	—30
3. Wieloryb . .	1	40	—12
4. Hydra	11	0	—12
5. Tarcza Sobieskiego . . .	18	30	—10

(*) Nadzwyczaj okazale wykonane rysunki postaci mitologicznych widzieć można w dziele gdańszczanina: *Johannis Hevelii* **Prodromus Astronomiae.** *Serenissimo et potentissimo principi Joanni III. Regi Poloniarum.* Gdańsk 1690 r.

Gwiazdozbiory półkuli południowej, niewidzialne u nas, pomijamy. Liczba wszystkich gwiazdozbiorów jest 109. Dawniej liczono ich więcej, lecz w nowszych czasach kilkanaście mniej ważnych skreślono, jak naprzykład: Koło murowe, Maszyna elektryczna, Plejady, Ciołek Poniatowskiego, Serce Karola II, Cześć Fryderyka i t. p.

W powyższej tablicy oznaczone są wznoszenia proste i zboczenia środkowych punktów każdego gwiazdozbioru; wszystkie gwiazdy, tworzące daną konstelację, mają wznoszenia proste i zboczenia bliskie tym liczbom, które są w tablicy podane dla każdego oddzielnego gwiazdozbioru. Liczba gwiazd jednej konstelacyi jest niezbyt dużą (od 3 do 100) jeżeli patrzymy okiem nieuzbrojonem. Gdy zaś zaopatrzymy się w lunetę lub teleskop, wówczas liczba gwiazd, należących do danej konstelacyi, zwiększa się stosownie do siły szkieł. Przyjęto, ażeby gwiazdy widziane gołem okiem w danej grupie nazywać literami greckiemi, α, β, γ, δ, ε, ι, η.... tak, że najsilniejsza co do światła gwiazda oznacza się pierwszą z wymienionych liter, słabsza drugą i t. d. Po wyczerpaniu wszystkich liter alfabetu greckiego używa się dalej liter łacińskich *a*, *b*, *c*, *d*.... gdy i te wyczerpią się w gwiazdach teleskopowych, natenczas pozostałe gwiazdy oznaczają się już tylko cyframi po porządku. Oznaczywszy wszystkie gwiazdy tak, jak należy, wnosimy nazwy gwiazd i ich litery w odpowiednie szczegółowe katalogi astronomiczne. Położenia główniejszych gwiazd ogłaszają corok efemerydy astronomiczne dla użytku dostrzegalni i w żegludze.

Z gwiazdozbiorów, wymienionych w tablicy, najbardziej powinna zajmować każdego miłośnika kosmografii konstelacja *Wielkiej Niedźwiedzicy* (patrz rys. 1 oraz mapę nieba). Siedm jej gwiazd α, β, γ, δ, ε, ζ, η znane są każdemu niemal wieśniakowi; znane także były one w najgłębszej starożytności żeglarskim ludom Fenicji, jak i na równinach Sarmacji. W jednym z kurhanów Rosji, z epoki kamienia gładzonego, znaleziono dość duży głaz, na którym były wyraźnie oznaczone siedm gwiazd Wielkiej Niedźwiedzicy. Świadczy to, jak czczoną wówczas była ta wspaniała konstelacja; istotnie tak żeglarzowi na morzu, jak i podróżnikowi po pustyniach i stepach tylko ta konstelacja wskazywała właściwą drogę. Przyrząd widmowy wykrył następujące fakty, dotyczące siedmiu gwiazd Wielkiej Niedźwiedzicy: pięć gwiazd β, γ, δ, ε, ζ mają zupełnie jednakowe widmo, a więc jeden i ten sam skład chemiczny, oraz wszystkie wymienione pięć gwiazd

dążą do oka spostrzegacza w kierunku promienia z prędkością 30 kilom. na sekundę. Dwie pozostałe gwiazdy α i η mają skład chemiczny inny i udziału w wyżej wymienionym ruchu nie przyjmują. Fakt jednakowego ruchu i jednakowego składu wewnętrznego nie jest zapewne przypadkowym. Wszystkie pięć powyższych gwiazd musiały powstać w jednakowych warunkach kosmicznych, być może, z jednej i tej samej mgławicy. Ponieważ 5 gwiazd dąży ku nam, skutkiem tego po upływie 200000 lat blask ich o tyle już wzmocni się, że wszystkie wymienione gwiazdy Wielkiej Niedź. staną się gwiazdami pierwszej wielkości. Widok będzie o wiele wspanialszy niż dzisiaj. Wspomnieć jeszcze należy, że ζ przedstawia sobą gwiazdę potrójną, z których tylko dwie mogą być dostrzeżone gołem okiem, trzecia ukazuje się w teleskopie.

§ 55. **Gwiazdy wielokrotne i barwne.** Na sklepieniu znajdujemy znaczną liczbę gwiazd podwójnych, potrójnych i t. p., oraz niezmierną ilość gwiazd białych i barwnych, a także gwiazd o zmiennym blasku. Oprócz tego ukazują się niekiedy gwiazdy czasowe, które po upływie kilku dni lub miesięcy nikną bez śladu.

Gwiazdy wielokrotne bywają trojakie: 1) *gwiazdy perspektywiczne*, które w rzeczywistości są bardzo od siebie oddalone, a tylko promienie wzrokowe tworzą mały kąt i wywołują optyczne złudzenie bliskości dwu ciał, niezmiernie względem siebie oddalonych, do takich gwiazd należy, naprzykład, β *Orjona*, 2) *gwiazdy prawdziwie podwójne* lub *potrójne* tworzą grupę fizyczną, ściśle z sobą związaną i ożywioną wzajemnym obiegiem i wspólnym ruchem, podług praw Keplera-Newtona. Naprzykład do prawdziwych gwiazd podwójnych należy ξ *Wielkiej Niedźwiedzicy*, towarzysz tej gwiazdy jest 5-ej wielkości i obiega dokoła w 61 lat. 3) Trzecią grupę tworzą *gwiazdy widmowe*, odkryte niedawno przez Pickeringa, amerykańskiego astronoma. W tej grupie jedna z gwiazd może być świecącą, a druga cienną, niewidoczną dla oka. Niewątpliwą obecność drugiej gwiazdy potwierdza perjodyczna zmienność blasku gwiazdy widzialnej oraz rozbiór widmowy. Do tej trzeciej grupy należy między innemi *Syrjusz* i β Lutni. Wymieniamy poniżej kilka bardziej znanych gwiazd podwójnych: α, β i ζ Herkulesa, ta ostatnia ma perjod obiegu 36 lat; γ Panny; η Kasiopei; α Małej Niedźwiedzicy; η Perseusza; β, δ, η, ζ i λ Orjona; ζ, ξ Wielkiej Niedźwiedzicy; β Lutni; jedne z najpiękniejszych β, δ Łabędzia; β, δ Cefeusza i t. p. Do potrójnych gwiazd należy

ζ Raka; składa się ona z gwiazdy 5-ej wielkości i dwu towarzyszy 6-ej wielk., z których jeden kończy obieg w 54 lata, a drugi w 500 lat.

Co się tycze barwy gwiazd to podział jest następujący: 1) białe lub z odcieniem niebieskawym, 2) żółte i żółtawe z odcieniem zielonkawym, 3) pomarańczowe 4) czerwone i czerwonawe. Z badań widmowych stwierdza się, że barwa gwiazdy zależy od jej wieku. Gwiazdy młode, względnie niedawno powstałe, są zawsze białe lub niebieskawe. Gwiazdy zupełnie dojrzałe i ukształtowane są żółte. Gwiazdy znacznie starsze są pomarańczowe i nakoniec te gwiazdy, których rozwój już skończył się zupełnie są czerwone. Największa ilość gwiazd barwnych mieści się na drodze mlecznej pomiędzy *Orlem* i *Łabędziem*, podczas gdy pozostałe części drogi mlecznej zawierają mało gwiazd barwnych, a przeważnie są tam białe gwiazdy; nareszcie pomiędzy *Kasiopea* i *Perseuszem* dostrzegamy zupełny brak gwiazd, mających wyraźną barwę. Należy jeszcze dodać, że nie każdy spostrzegacz ma oko jednakowo wrażliwe na odcienia barw gwiazdowych. Często daje się spotykać organ wzroku tak mało czuły, że żadnych barw niedostrzega. Po dłuższym czasie pilnych spostrzeżeń niemal każde oko przyzwyczaja się do oceniania subtelnych różnic zabarwienia gwiazd; mocny teleskop tę zdolność dość szybko potęguje. Wymieniamy kilka więcej znanych gwiazd barwnych: δ Andromedy pomarańczowa, η Kasiopei purpurowo-żółta, β Andromedy czerwonawa, α Barana pomarańczowa, α Byka czerwonawa, β Orjona żółta, α Orjona czerwonawa, α Wielkiego Psa niebieskawa, α Wolarza czerwonawo-żółta, β Małej Niedźwiedzicy żółta, β Herkulesa żółta, α Lutni niebieskawa, β Łabędzia żółta i t. p. Niektóre gwiazdy perjodycznie zmieniają swą barwę, do takich należy α Wielkiej Niedźwiedzicy, która w okresie 54 dni z zupełnie żółtej staje się zielonkawą.

Pod względem składu chemicznego gwiazd, mającego zarazem swój wyraz w barwie, astronom Vogel dzieli wszystkie na 3 działy:

1) *Białe* i *niebieskawe*. Temperatura tych gwiazd jest tak wysoka, że pary metaliczne, które znajdują się w ich atmosferach absorbują się. W widmach tych gwiazd prążki metali są bardzo słabe, natomiast wybitnie występują linje wodoru, który znajduje się w tych gwiazdach w nadzwyczajnie wielkich ilościach. Gwiazdy tego typu sa najliczniejsze, np. Wega, Syrjusz, γ Kasiopei i t. p.

2) *Żółte.* Te gwiazdy swym składem wewnętrznym są bardzo zbliżone do naszego słońca, wszystkie mają w widmach bardzo wyraźne i bardzo liczne prążki różnych metali. Nie brak także i wodoru, którego linje zawsze obecne są w widmach tych gwiazd. Do tego typu należą: Aldebaran, Arktur, Polluks, Kapella i t. p.

3) *Pomarańczowe* i *czerwone.* Temperatura tych gwiazd jest znacznie niższa od poprzedzających tak, że już mogą się tworzyć niektóre związki chemiczne, znajdujące się w ich atmosferach. W widmach tych gwiazd są liczne prążki metali, lecz zarazem występują gęsto rozsiane, ciemne smugi absorpcyjne. Do tych gwiazd należą: α Herkulesa, α Orjona, α Wieloryba i t. p.

Gwiazdy zmienne. Badania takich gwiazd należą do najtrudniejszych. Niektóre z tych gwiazd jak naprzykład β Perseusza zwana Algolem, w ciągu kilkunastu godzin wzmacnia swój blask, potem w kilka następnych godzin blask gwiazdy słabnie; okres zmian powtarza się bardzo prawidłowo. Badania widma tej gwiazdy głębszych zmian żadnych nie wykazują. To wszystko dowodzi, że mamy tutaj do czynienia z obiegiem ciemnego towarzysza dokoła gwiazdy, który, przysłaniając ją w czasie swego krążenia, wywołuje okresowe osłabianie blasku od 2-iej do 4-ej wielkości w odstępach 2 dni 14 godzin oraz $3^1/_2$ godzin. Barwa Algola ciągle pozostaje bez zmian biała. Obliczono, że masa głównej gwiazdy Algola równa się $\frac{4}{9}$ masy słońca, a towarzysz jest dwa razy mniejszy. Średnica Algola = $2^1/_2$ milionów kilometrów; a więc jest to gwiazda o większej objętości, aniżeli nasze słońce, skutkiem tego gęstość jej jest 13 razy mniejsza. Jeszcze większe osobliwości przedstawia *o* Wieloryba, zwana *Mira Ceti*, albowiem blask jej w czasie *maksimum*, gdy świeci jako gwiazda 2-ej wielkości w ciągu 332 dni, 1500 razy staje się słabszym, gdy jako gwiazda 9-ej wielkości widzianą bywa tylko w teleskopach przez kilka miesięcy. Być może, że tak dziwne zmiany blasku dowodzą, że gwiazda obiega po drodze eliptycznej bardzo wydłużonej w kierunku promienia wzrokowego. Wszystkich zmiennych gwiazd liczymy dziś około 1000, większa część ich okazuje jeszcze tę właściwość, że ze zmianą blasku zmienia się też i barwa, a jednocześnie widmo tych gwiazd wykazuje silne zmiany stanu chemicznego i fizycznego. Tego wszystkiego nauka dziś jeszcze objaśnić nie umie.

Gdy pomimo zmienności blasku teleskop nie jest w stanie rozdwoić danej gwiazdy, wówczas z pomocą przychodzi przyrząd

widmowy. Badanie widma pokaże, czy ono pochodzi od jednego, czy też od dwu źródeł światła. Tak było z gwiazdą zmienną β Lutni, co do której ujawniło się okresowe przemieszczanie prążków widmowych w ciągu 13 dni; wykryto tym sposobem obecność towarzysza, a co idzie wprost za tem, obliczono masę tej gwiazdy, jako 19 razy przewyższającą słońce, z średnicą 50 milionów kilometrów, podczas gdy jej towarzysz $8^1/_2$ razy większy od słońca. Potężny ukrywa się tam świat, daleki od nas.

Gwiazdy nowe. Ukazywanie się nowych gwiazd na niebie jest zawsze przedmiotem licznych wyjaśnień i przypuszczeń, mało dotychczas wiarogodnych. Przypuszczają niektórzy astronomowie, że dwa ciała niebieskie, przebiegające przestrzeń z prędkością kilku setek kilometrów w sekundę, zbliżają się do siebie dość znacznie. To nagłe zbliżenie wywołuje nadmierne wyskoki rozpalonych do białości gazów oraz jednoczesne wzmocnienie blasku. Gdy te dwa ciała w dalszej swej drodze rozbiegną się, wyrzuty gazów ustają i gwiazdy powoli nikną. Tłomaczenie to, bardzo dobre, powinno być potwierdzone dalszemi badaniami widmowemi. Gdy w r. 1891 ukazała się nowa gwiazda Woźnicy, Pickering badaniem widma dowiódł, że prędkość tej gwiazdy była 370 kilom. w sekundę, a Vogel ujawnił w jej widmie wyraźne linje wodoru. Wynika z tego, że w tej nowej gwiazdzie istotnie miał miejsce nadmierny wybuch wodoru. W miesiącu Lutym 1901 roku pojawiła się nowa gwiazda w Perseuszu, błyszcząca w pierwszych dniach jako gwiazda pierwszej wielkości, po kilku tygodniach blask jej osłabł i obecnie jest już gwiazdką zaledwie 12-ej wielkości. Z dawnych czasów zanotowano, że Tycho-Brahe w r. 1572 zauważył świetną nową gwiazdę w konstelacji Kasjopei, która po 17 miesiącach błyszczenia znikła zupełnie. W roku 1604 Jan Brunowski, uczeń Keplera, dostrzegł nową gwiazdę w gwiazdozbiorze Wężownika, która po upływie $1^1/_2$ roku znikła. W roku 1866 jedna z gwiazd Korony północnej *T* 9-ej wielkości stała się nagle gwiazdą 2-ej wielkości. Po kilku dniach świetnego błyszczenia ta sama gwiazda zeszła znowu do rzędu 9-ej wielkości, jak było przed tem, analiza widmowa wykazała wybuchy wodoru i obecność towarzysza. Podobnie w r. 1876 zjawiła się nowa gwiazda w Łabędziu, jako gwiazda 3-ej wielkości, która po paru tygodniach zaczęła gasnąć i w następnym roku zeszła do 11-ej wielkości. Dziś tę samą gwiazdę można dostrzedz tylko w najsilniejszych teleskopach.

§ 56. **Mgławice.** Ażeby można było dobrze spostrzegać mgławice i gwiazdy mgławicowe wymaga się zupełnej przezroczystości powietrza w ciemną noc i użycia słabszych szkieł *okularów*. Wiemy, że wszystkie komety na dalekiej odległości od słońca przedstawiają się w lunetach łudząco podobne do mgławic. Pomyłek uniknąć można w taki sposób: Jeżeli przy pomocy lunety ekwatorjału dostrzeżemy jaką mgławicę, wówczas nitką mikrometru przepoławiamy ją na dwoje w polu widzenia. Gdy mamy przed sobą kometę, to po kilku już chwilach spostrzeżemy wyraźne przesunięcie w prawo lub w lewo; w przypadku zaś prawdziwej mgławicy przedmiot widzenia z nitki nie zejdzie.

Rozróżniamy więc przedewszystkiem: 1) gwiazdy mgławicowe, 2) mgławice prawdziwe, 3) mgławice pozorne czyli zbiorowiska gwiazd.

1) *Gwiazdy mgławicowe.* Jest bardzo mała liczba tych dziwnych gwiazd, pomiędzy któremi niektóre są sławne. W silnych teleskopach gwiazdy te przedstawiają się jako zamglone stale okrążającym obłokiem mgławicowym. Wygląda to tak, jak gdyby gwiazda otoczona była rozległą gazową atmosferą. Do tych gwiazd należą: ε Orjona 2-ej wielkości i ι Orjona 3-ej wielkości, *D* Łabędzia 4-ej wielkości, oraz kilka innych, trudniej spostrzeganych.

2) *Mgławice.* Liczymy dzisiaj do 10000 mgławic, które się przedstawiają, jako obszerne skupienia gazu kosmicznego najrozmaitszych kształtów. Raz jako koło lub owal, to znów jako trójkąt, trapez, pierścień lub spiralna. Największą liczbę mgławic odkrył Herszel ojciec i syn (*). Zapisanych w katalogach jest 8000 mgławic, z których tylko 1500 ma położenie jak najdokładniej wyznaczone. Załączamy tutaj fotografie sławnej spiralnej mgławicy w *Psach gończych* (rys. LXIX) oraz okrągłej mgławicy w Łabędziu (rys. LXX).

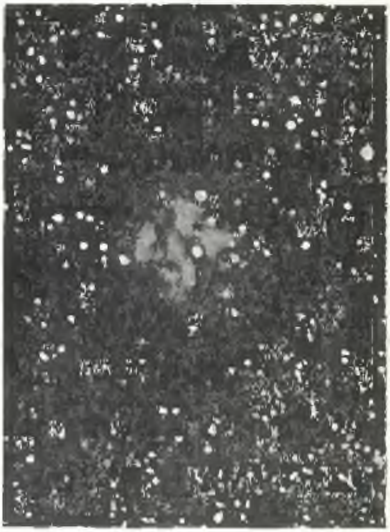
Dalej podajemy fotografię wielkiej owalnej mgławicy Andromedy (rys. LXXI), która jest tem ciekawa, że należy do zmiennych.

Wszystkie mgławice mają powolny ruch własny zupełnie taki, jak gwiazdy stałe; do obserwacyj potrzeba bardzo silnych te-

(*) Zachowujemy słowiańską pisownię nazwiska, które z niemiecka pisze się *Hoerschel.* Rodzina Herszlów była czeskiego pochodzenia, jak świadczy sama nazwa „*z hor szel*”, co znaczy po polsku: „przyszedł z za gór”. Istotnie, ta rodzina w czasie prześladowań husytów przeszła z Czech do Moraw, a później powędrowała do Saksonii.



rys. LXIX.
Fot. mgławicy w *Psach gończych.*



rys. LXX.
Fot. mgławicy w *Łabędziu.*

leskopów, gdyż w słabych mgławice rysują się niewyraźnie. W ostatnich czasach astronom angielski Wilsing zdołał wyznaczyć paralaksę jednej z okrągłych mgławic Herszla, tak zwanej mgławicy planetarnej, jako 0″,2, co odpowiada około 75 trylionom mil odległości od ziemi. Dziś największe usługi w odkryciu nowych mgławic oddaje fotografia.

Oprócz mgławic stałych od roku 1852, od czasu spostrzeżeń Hinda, znane są także mgławice zmienne. Wspomniany astronom zauważył w konstelacji Byka wyraźną mgławicę, która jednak w roku 1863 znikła bez śladu. Tak samo w sąsiedztwie gwiazdy Algol w Perseuszu znajduje się mgławica Herszla starszego, która w roku 1864 znikła z swego miejsca, lecz już w roku 1891 znowu ukazała się na dawnem miejscu i była dostrzeżona przez Bigourdana. Sławna i wielka mgławica Andromedy, której fotografię podajemy obok, ma tę osobliwość, że jej owalne jądro wewnętrzne różnicuje się i ulega zmianom kształtu; widocznie tworzą się teraz pierścienie spółśrodkowe, co byłoby początkiem tworzenia się nowego świata. Widzimy to najlepiej na podanej fotografii.

3) *Mgławice pozorne* czyli *rozwiązalne* są zbiorowiskami gwiazd, które ukazują się tak dopiero w najpotężniejszych teleskopach,



rys. LXXI.

Fot. wielkiej mgławicy w *Andromedzie.*

w słabszych zaś widziane są, jako mgławice pozorne. Do takich należy mgławica w *Herkulesie*, która w silnych teleskopach przedstawia się w postaci, jaką podajemy na załączonej fotografii (rys. LXXII). Jako zwyczajna mgławica może być ona łatwo dostrzeżoną nawet gołem okiem, podobnie jak mgławica Orjona.



rys. LXXII.

Fot. zbiorowiska gwiazd w *Herkulesie*.

57. Droga mleczna i hypotezy kosmogoniczne. W czasie ciemnych pogodnych nocy widzimy wielką fosforyczną smugę na niebie, która w okolicy gwiazdozbioru Łabędzia rozdwaja się, ażeby nieco dalej znowu złączyć się w jedno pasmo. Na tablicy III przedstawiliśmy fotografię części drogi mlecznej, widzimy, że jest to wielkie zbiorowisko gwiazd i mgławic, niejednolicie rozsianych; po miejscach znacznie gęstszych następują gdzieniegdzie dziury i luki, zupełnie bez gwiazd. Szczególniej brak gwiazd w lukach ciemnych ujawnia się przy pomocy lunet pomiędzy *Łabędziem* i *Orlem*. Na niebie południowej półkuli droga mleczna rozpościera się niemniej pięknie niż u nas. Herszel starszy ułożył hypotezę, według której nasze słońce jest cząstką tego wielkiego układu gwiazdowego, jaki rozpostarł się dokoła nas wzdłuż drogi

mlecznej. Zdaniem Herszla wszechświat ma kształt dwu-wypukłej soczewki, a Słońce położone jest w pobliżu jej środka. Stąd, patrząc dokoła nas, spostrzegamy w promieniu widzenia poprzecznego przecięcia tej soczewki największą ilość gwiazd, pozornie skupionych, jako jedna droga mleczna. Tymczasem w innych częściach nieba widzimy znacznie mniej gwiazd, skutkiem praw perspektywy. W drodze mlecznej spotykamy najwięcej mgławic; sam Herszel starszy znalazł ich około 200.

W ostatnich czasach lord Kelwin wypowiedział inną myśl o budowie drogi mlecznej. Lord Kelwin wyobraża wszechświat jako wielką kulę, której promieniem jest odległość najbardziej od nas oddalonej gwiazdy. Wszystkie gwiazdy w tej kuli są to atomy jednego i tego samego *gazu wszechświatowego*. Na tej analogii lord Kelwin śmiało buduje teorję cynetyczną gazu wszechświata, którego atomy ożywione są jednym ruchem postępowym. Podobnie jak, znając postępowy ruch atomów wodoru, możemy obliczać ciepło i stosować teorję prawdopodobieństwa; tak samo też lord Kelwin z szybkości ruchu własnego gwiazd wnioskuje o cieple właściwem kosmosu i przepowiada wielkie pożytki z zastosowania metod rachunku prawdopodobieństwa do mechaniki naszego układu gwiazdowego. Są to wszystko teorje jeszcze całkiem nowe i nie wypróbowane.

W roku 1757 filozof Kant pierwszy wypowiedział myśl, że cały układ słoneczny powstał z jednej wspólnej mgławicy, drogą ciążenia ku wspólnemu środkowi i stopniowego zagęszczania. Jakkolwiek Kant nie wyłożył swej teorji zgodnie z prawami mechaniki, jednak główną myśl jego, pod nazwą hypotezy mgławic, łączą z teorją Laplace'a. Ponieważ wszystkie planety krążą po drogach, mało odbiegających od płaszczyzny równika słonecznego, wszystkie w jednakowym kierunku wirują i odbywają ruch od zachodu na wschód po drogach eliptycznych, których mimośrody małe; to wszystko razem naprowadziło Laplace'a na myśl, że wszystkie planety miały jeden wspólny początek w słońcu. Przypuszczał więc, że słońce było okrążone wielką atmosferą, sięgającą do granic ostatniej planety układu. Drogą zagęszczania oraz jednoczesnego przyśpieszania ruchu głównego jądra, z atmosfery gazów, otaczających słońce, tworzyły się powoli pierścienie, a te skutkiem zaburzeń wewnętrznych rozrywały się na części i dały początek planetom. Planety, wirując tak samo jak słońce, odrzucały z masy swej księżyce, krążące znowu w tym samym kierunku prostym. Odkrycie księżyców Neptuna i Urana, odbywa-

jących ruch wsteczny, a także księżyców Marsa, obiegających po kilka razy dokoła w czasie 24 godzin obrotu planety, nie daje się łatwo pogodzić z hypotezą Laplace'a, która takich ruchów nie dopuszcza. Z tej przyczyny nowsi astronomowie, jak naprzykład Faye, starali się wprowadzić pewne uzupełnienia, które jednakże nie zadowolniły wszystkich uczonych, a nawet niektórzy z nich, jak Lockyer i Braun nie przyjęli hypotezy Laplace'a, jako niewystarczającej do objaśnienia wszystkich zjawisk w układzie planetarnym. Bądź co bądź główna myśl Laplace'a o powstaniu planet z słońca nie da się zaprzeczyć. Jeszcze jedną słabą stroną teorji Laplace'a zdaje się być to, że w myśl tej hypotezy rozwój planet był aktem, że tak powiemy, przejściowym, który dawno był i ukończył się całkowicie. Widzimy, że w otaczającej nas przyrodzie wszystko dzieje się inaczej. Rozwój odbywa się pod ustawicznym działaniem drobnych przyczyn, które trwają wiecznie. Przypuszczać więc musimy, że te przyczyny, które wydały z słońca cały układ planetarny, nie przestały działać wiecznie i przy uważnem przejrzeniu wszystkich faktów dadzą się, prawdopodobnie, uchwycić i dzisiaj. Spojrzyjmy na pierścienie mgławicy Andromedy, na pierścienie Saturna, na nieustający spadek meteorów i pyłu kosmicznego z przestrzeni wszechświata, schwytamy, być może, tę nitkę, która nas zaprowadzi do samego kłębka. Nie zagłębiając się w to, jak powstało samo słońce, zacznijmy od chwili, kiedy główne ciało środkowe, otoczone atmosferą gazów oraz jednym lub kilkoma pierścieniami drobnego pyłu meteorytów, biegnie ruchem postępowym w przestrzeni świata. Będziemy mieli zupełnie ten sam obraz, jaki dziś widzimy na Saturnie. Pierścień, łącząc się przez gazy z całym słońcem, przyjmował udział w ogólnym ruchu wirowym od Zach. na Wsch. i tem samem musiał przyjąć położenie, odpowiadające płaszczyznie równika. Wybuchy słońca przenosiły na pierścień pył metaliczny oraz gazy w coraz większej ilości, aż nareszcie cała zewnętrzna część pierścienia obciążona pyłem oderwała się. Pył metaliczny skupił się w jedną planetę i jeden księżyc, krążący dokoła niej, a gazy utworzyły atmosferę. Księżyc, powstając niezależnie od planety, mógł otrzymać ruch wsteczny, skutkiem stopniowo wzrastających opóźnień i zakłóceń w biegu tej materji, z której powstał. Ukazanie się jednej dużej bryły nazewnątrz słońca wywołało zwichnięcia w pierścieniu. W tych miejscach, gdzie zwichnięcia sumowały się wzajemnie, powstała w pierścieniu przerwa, dając tem początek oderwania się drugiego pierścienia, z którego utworzyła

się druga planeta i jej księżyce i t. d. Cztery pierwsze wielkie planety działały coraz silniej na pozostały pierścień, wprowadzając zakłócenia i zwichnięcia. Te zwichnięcia, sumując się, dały wielką lukę w pierścieniu. W przerwie pierścienia było mało gazów, tymczasem wybuchy słońca ciągle wyrzucały pył metaliczny, który, nie spotykając oporu w gazach, nie mógł skupić się w jedną bryłę. Utworzyło się tym sposobem mnóstwo drobnych bryłek, jako rój planetoidów. Potem tak samo następne pierścienie dały początek wszystkim kolejnym planetom. Wyżej wypowiedziana hypoteza zdaje się objaśniać wiele faktów. Cztery zewnętrzne wielkie planety powstały w warunkach prawie jednakowych z zewnętrznej części głównego pierścienia. Wybuchy słońca do najdalszych krańców wyrzucały tylko te metale, które mają ciężar właściwy mały, a więc sód, potas, glin, lityn; z tych więc metali przeważnie muszą być utworzone cztery zewnętrzne planety. Oprócz tego wielka ilość tworzywa kosmicznego i gazów w zewnętrznej części pierścienia była przyczyną że pierwsze planety otrzymały dużo księżyców i zarazem olbrzymie atmosfery. Planety wewnętrzne utworzyły się z pyłu metalicznego cięższego, jako bliżej położone względem słońca. W skład tych planet weszło przeważnie żelazo. Mniejsza ilość gazów pierścienia wewnętrznego była przyczyną, że atmosfery planet stały się coraz mniejsze, w miarę bliskości ku słońcu i być może, że Merkury całkiem już atmosfery nie otrzymał. Wszystkie wewnętrzne planety są względnie ciężkie, gdy tymczasem zewnętrzne należą do lekkich. Widzimy więc, że na tej drodze, którą powyżej objaśniliśmy, można wytłomaczyć sposobem wystarczającym tak wsteczny ruch niektórych księżyców, jako też stan fizyczny i chemiczny wielkich planet oraz przyczynę powstawania roju planetoidów. Niektóre komety powstały w układzie słonecznym, lecz, jako tworzące się na samych krańcach głównego pierścienia, zawierają w sobie najlżejszy metal sód, oraz niektóre z nich otrzymują ruch wsteczny. Pozostałością po wielkich niegdyś pierścieniach słońca jest pył kosmiczny, krążący dokoła, który nagromadzony w płaszczyźnie ekliptyki wywołuje efekty światła zodjakalnego. Tak słońce jak i wszystkie planety przy szybkim ruchu w przestrzeniach świata tracą cząstki swej materji, gubią po drodze gazy, jak to widzimy bezsprzecznie w kometach, skutkiem tego wszystkie planety bardzo powoli oddalają się od słońca. Ażeby ten proces nie był zbyt szybkim istnieje w układzie słonecznym pewien mechanizm powstrzymu-

jący, a tym jest nieustanny spadek pyłu kosmicznego tak na słońce jako też i na wszystkie planety.

Gdy energia słońca z postępem czasu bardzo osłabnie, wszystkie objawy potężnego życia naszego słońca zaczną znikać. Nie należy jednak zaraz przypuszczać możliwości unicestwienia całego układu słonecznego, albowiem osłabione słońce, płynąc w przestrzeniach świata, może być wciągnięte w sferę działania innego energiczniejszego słońca, które może tchnąć nowe życie w cały nasz zamierający układ. Na tej drodze mogą powstawać przynajmniej niektóre z podwójnych słońc, które są tak częstym objawem w przestworzach nieskończoności.

VIII. USTRÓJ ZIEMI.

---

§ 58. **Przestrzeń międzyplanetarna.** Ziemia wraz z wszystkiemi planetami porusza się w przestrzeni dokoła słońca. Natura fizyczna tego ośrodka międzyplanetarnego jest zagadką, dotąd jeszcze niewyjaśnioną przez naukę. Próżnia bezwzględna istnieć może tylko w wyobraźni, we wszechświecie zaś próżnia jest niemożliwą, albowiem zjawiska przenoszenia się fal ciepła, światła i elektryczności wymagają pewnego pośrednictwa ze strony ośrodka. Przyjęto nazywać ośrodek wszechświatowy *eterem*. Nie należy jednak przypuszczać, że eter jest to jakaś bardzo rozrzedzona materja. Przytoczymy w tej kwestji zdanie francuskiego uczonego Hirna: „Jeżeli się przyjmie hypotezę o istnieniu ośrodka materjalnego, chociażby w najwyższym stopniu rozrzedzenia, to obecność takiej materji w przestrzeni powinna ujawniać się przedewszystkiem w zjawiskach ruchu ciał niebieskich. Opór ośrodka powiększałby przyśpieszenie ruchu, a tem samem zmniejszałby czas obiegu dokoła słońca. Cynetyczna teorja gazów również nie pozwala przypuszczać istnienia w przestrzeniach międzyplanetarnych gazu rozproszonego. Najlżejszy opór, przyczyniany kometom przez cząstki takiego gazu, doprowadziłby do rozproszenia jądra i oderwania warkocza komety; tymczasem widziano komety przebiegające przez punkt przysłoneczny w bliskiej odległości od słońca bez żadnych uszkodzeń w częściach składowych. Zasady termodynamiki doprowadzają nas także do zaprzeczenia ośrodka

materjalnego, który czyniłby niemożliwem nadzwyczaj szybkie odrzucanie warkocza komet na wielkie odległości". Tak więc Hirn przy pomocy drobiazgowej analizy uzasadnia fakt, że obecność gazu o budowie cynetycznej przeczyłaby zasadniczym pojęciom fizyki. Bez żadnych wątpliwości pomimo to musimy przyznać, że ośrodek wszechświatowy istnieje, lecz nie jest materjalnym. Czemże więc jest? Otóż tutaj mieści się cała trudność zagadnienia, na którą odpowiedzi dać nie możemy. Niektórzy uczeni przypuszczają, że elektryczność jest pewną materją dynamiczną i być bardzo może, że eter jest nieznaną nam bliżej pochodną elektryczności, będącym w takim stosunku do tej ostatniej, jak ciało złożone do swego pierwiastku.

Temperatura przestrzeni międzyplanetarnych z powodu nieobecności materji cynetycznej musi być bliską zera bezwzględnego, około — 273°.

§ 59. **Atmosfera.** Atmosferą lub powietrzem nazywamy mięszaninę gazów, które okrążają bryłę ziemską dokoła. Główną składową częścią powietrza jest azot 79%, następnie 20% tlenu, pozostały 1% tworzy się z pary wodnej, kwasu węglowego, ozonu (tlen naelektryzowany), amoniaku, wodoru i innych rzadkich gazów. W dawnych epokach geologicznych skład powietrza był odmienny. Atmosfera zawierała do 3% kwasu węglowego, o czem świadczą wielkie zapasy węgla w dawnych pokładach ziemi. Oprócz tego w powietrzu było znacznie więcej pary wodnej, która była, jak się zdaje, główną przyczyną prawie jednostajnego klimatu na całej kuli ziemskiej. W rzeczy samej, gęstsza powłoka gazowa powstrzymywała promieniowanie ciepła i tem samem sprzyjała postępowemu nagromadzaniu się ciepła słonecznego w ziemi. Względnej rzadkości dzisiejszej atmosfery zawdzięczamy wszystkie nasze wiadomości o otaczającym nas wszechświecie i gdyby powietrze było 10 razy gęstsze niż obecnie, życie byłoby możliwe, jednakże nasza wiedza o ciałach niebieskich odnosiłaby się jedynie do słońca i księżyca; o gwiazdach, planetach i kometach nie wiedzielibyśmy nic. Musimy oczekiwać i na przyszłość pewnych zmian w składzie i gęstości naszej atmosfery. Spostrzeżenia nad bolidami pozwoliły ocenić wysokość, do jakiej dziś dosięga powietrze. Okazało się, że na 300 kilom. od ziemi bolidy spadające wydają światło, co dowodzi, iż tarcie na tych wysokościach jeszcze jest znaczne. Flogel zauważył w dniu 25 Października 1870 roku, że wierzchołek zorzy polarnej sięgał wysokości 500 kilom. z czego wnosimy, że na odległości 500 kilom.

jeszcze stwierdza się obecność cząsteczek powietrza. W miarę wznoszenia się w górę powietrze staje się coraz rzadsze z powodu coraz mniejszych ilości warstw atmosfery; ciśnienie przy podnoszeniu się na wysokości zmniejsza się, barometr opada. Opadanie barometru przy pomocy odpowiedniego wzoru, znanego w fizyce, pozwala ocenić wysokość. Ciśnienie przy powierzchni ziemi zmienia się w pewnych granicach, jest ono jednak największe w stosunku do ciśnienia w wyższych warstwach i wyraża się liczbą 1,033 kilogramów na centymetr kwadr. Tym sposobem powierzchnia całego ciała człowieka, wynosząca średnio $1^1/_2$ metr. kw., otrzymuje ciśnienie powietrza = 15500 kilogramów. Tak wielkie ciśnienie zagrażałoby życiu, gdyby człowiek oraz wszystkie żyjące organizmy nie były do tego przystosowane przez oddziaływanie odwrotne ze strony składowych części ciała. Wszystkie gazy, w których prędkość cząsteczek przewyższałaby 9650 metr. na sekundę, nie mogłyby się utrzymać w atmosferze ziemskiej; z tej przyczyny *hel* i *koronjum*, obecne niegdyś w powietrzu, dziś znikły zupełnie, prawdopodobnie, musiały odlecieć w przestrzeń światową. Doświadczenia z lat ostatnich, uczynione przez Olszewskiego i Dewara, nad zamrożonem powietrzem i tlenem przy temperaturze — 185° okazały, że powietrze skroplone ma barwę niebieskawą, a tlen pięknie błękitną. Dowiedziono tą drogą, że błękit nieba jest własną barwą powietrza w dużych masach; przed tem objaśniano taką barwę załamywaniem i odbiciem promieni słońca. W powietrzu odbywają się bardzo liczne zjawiska, widziane przez nas, do tych należą: zorze poranne i wieczorne, zmierzch i piękna gra barw na niebie w odcieniach od czerwonej, złotej, zielonkawej, aż do ciemno szafirowej. Następnie widziane bywają w pewnych warunkach: tęcze, halo słoneczne i księżycowe, fałszywe słońca i księżyce, migotanie i ułudy (miraże), zjawiska elektryczne i nareszcie spadek kropli wody pod postacią deszczu, gradu i śniegu. Ruchy powietrza spostrzegamy jako wiatr. W stosunku do zjawisk astronomicznych obecność atmosfery jest przyczyną refrakcji, która sprowadza to, że ciał niebieskich nie widzimy w tych miejscach, gdzie one istotnie znajdują się; widzimy wszystkie ciała jako tem więcej odchylone w swem położeniu, im bliżej poziomu. Najbardziej widoczną refrakcję spostrzegamy w czasie wchodu i zachodu słońca. Lecz i ciała będące na powierzchni ziemi nie są wolne od refrakcji, która dla odróżnienia nazywa się *ziemską*. Wskutek refrakcji ziemskiej przedmioty bardzo oddalone, na szerokich płaskich równinach, widziane bywają przez

nas w położeniu trochę odmiennem, aniżeli to jest w rzeczywistości.

Wszelkie zjawiska atmosferyczne zależą jak najściślej od zmian temperatury, ciśnienia i wilgoci. Dla tego to wszystkie badania dokładne mają za cel określić dzienne, miesięczne i roczne wahania wymienionych wyżej trzech czynników. Dla osiągnięcia tego używają się przyrządy meteorologiczne: *psychrometr* i *barometr*. Psychrometr składa się z dwu termometrów, z których pierwszy jest zawsze suchy, a drugi w dolnej swej części łączy się za pomocą muślinu z miseczką wody. Taki przyrząd pozwala zawsze zmierzyć temperaturę i wilgotność, gdyż ten termometr, którego kulka owinięta muślinem, oziębia się skutkiem ciągłego parowania wody, a z różnicy temperatur na dwu termometrach ocenia się tak stopień wilgoci, jak i temperaturę bezwzględną przy pomocy odpowiednich tablic. Oprócz tego dla oznaczania najwyższej oraz najniższej temperatury w ciągu doby służy termometr *maksimum — minimum*, którego urządzenie jest powszechnie znane. Dla mierzenia ciśnień atmosferycznych używa się barometru rtęciowego. Spostrzeżenia temperatury robi się stale o god. 7 rano, 1-ej po południu i 9-ej wieczorem, z liczb otrzymanych bierze się potem średnią arytmetyczną i uzyskuje się tym sposobem średnią temperaturę dnia. Biorąc średnią arytmetyczną średnich temperatur z całego miesiąca, otrzymujemy *średnią temperaturę miesięczną*. Przeciętna temperatura wszystkich miesięcy roku daje nam *średnią temperaturę roczną* w danem miejscu. Podczas gdy przeciętna dzienna temperatura zależy od najrozmaitszych wpływów i okoliczności zewnętrznych, jak naprzykład od wiatrów, od obecności chmur na niebie, od sąsiedztwa rzek, jezior i lasów, tymczasem temperatura miesięczna zależy już tylko od pory roku i od wpływów morza lub lądu. Nakoniec średnia temperatura roczna danego miejsca jest jeszcze więcej stałą i zależy od wysokości, od szerokości geograficznej i od wpływu prądów pobliskiego oceanu. Średnie temperatury za całe stulecia są już zupełnie stałe. Ażeby poglądowo przedstawić przebieg jednakowych temperatur miesięcznych, rocznych i wiekowych kreślą się mapy, na których łączą linjami wszystkie te miejsca na danej części powierzchni ziemskiej, które mają jednakowe temperatury miesięczne lub roczne. Linje takie nie mają wcale kierunku równoleżników, są nieprawidłowe i nazywają się *izotermami*. Znajomość przebiegu rozmaitych izoterm jest ważnym szczegółem w nauce geografii fizycznej. Widzieliśmy, że tempe-

ratura przestrzeni międzyplanetarnych zbliża się do — 273° czyli. do tak zwanego, zera bezwzględnego, z tej przyczyny wszędzie na powierzchni ziemi występuje jeden i ten sam objaw, że w miarę wznoszenia się w górę, temperatura coraz bardziej opada. To prawo fizyczne stwierdzono wszędzie bądź pod równikiem, bądź pod biegunami. Odpowiednie spostrzeżenia czynione były na wysokich górach i przy wzlotach balonów. Okazało się, że na różnych wysokościach temperatura opada niejednakowo i przy tem zależnie od pory roku. Na każde 100 metrów, liczonych tylko do wysokości 500 m., temperatura opada latem o 0,88 stopni Cel., a wiosną i jesienią o 0,71 stopni Cel. Dalej do 1500 metr. wysokości spadek na każde 100 metrów wynosi 0,6 stopni latem oraz 0,5 st. na wiosnę; do 2500 metr. wysokości spadek na każde 100 m. równa się 0,49° latem i 0,43° na wiosnę. Im dalej wznosić się w górę, tem więcej zbliżają się między sobą wspomniane dwie liczby, skutkiem coraz mniejszego wpływu promieniowania ziemi. Drugą nie mniej ważną rzeczą dla poznania fizycznego stanu atmosfery jest mierzenie ciśnień barometrycznych. I w tem dają się również zauważyć dość prawidłowe wahania dzienne, zauważone jeszcze przez Humboldta. Ten uczony spostrzegł, że w miejscowościach podrównikowych o god. 4-ej rano następuje *minimum* dziennej wysokości barometru, a *maksimum* o god. 10-ej; potem znowu po raz drugi o 4-ej popołudniu ukazuje się *minimum* a o 10-ej wieczorem *maksimum*. Przy tem wahania wysokości barometru dochodzą do 3 mm. Podobne dzienne wahania barometru, jakkolwiek nie w tak szerokich rozmachach, dają się zauważyć także i w średnich szerokościach geogr. Wspomniane wahania dzienne zależą przeważnie od przybywania i ubywania pary wodnej podczas dnia skutkiem działania promieni słońca. Oprócz dziennych perjodycznych spadków barometru istnieją jeszcze wahania roczne. szczególniej daje się to zauważyć na rozległych lądach Syberji, Mongolji i Chin środkowych. Niezależnie od opisanych, mniej więcej prawidłowych, ruchów barometru, bywają jeszcze spadki lub podwyższenia nagłe, które oznaczają wielkie zmiany w atmosferze. Bywa to niezawodną przepowiednią burzy, huraganu lub silnego wiatru. W krajach kulturalnych jak w państwach Europy. Azji zachodniej, w Japonji i Ameryce północnej i częściowo w południowej, w bardzo wielu punktach na powierzchni ziemi na, tak zwanych, stacjach meteorologicznych notują się jednoczesne ciśnienia barometryczne. Po zestawieniu tych wszystkich danych na dużej przestrzeni powierzchni ziemskiej oznacza się

punkcikami na mapach te miejsca, gdzie ciśnienia powietrza w danym dniu są zupełnie jednakowe. Łącząc te punkty linjami, otrzymamy na mapie *izobary*, to są linje jednakowego ciśnienia. Wszystkie takie linje najczęściej zbliżone są trochę do kół, które spółśrodkowo układają się dokoła pewnego punktu. W jednem miejscu powierzchni izobary otaczają punkt najwyższego z pośród wszystkich ciśnienia, punkt ten nazywa się *zwyżką barometryczną* lub *anticyklonem*; w innem miejscu powierzchni ziemi podobne izobary okrążają spółśrodkowo punkt najniższego z wszystkich ciśnień, ten drugi punkt nazywają *zniżką barometryczną* albo *cyklonem*. Cyklon wywołuje dośrodkowy ruch powietrza, przeciwnie zaś anticyklon odśrodkowy. W odstępach kilku dni lub tygodni zwyżki oraz zniżki wciąż przemieszczają się; znajomość ich położeń jest wielkiej wagi w nauce meteorologji, albowiem prądy powietrzne muszą, oczywista, przenosić się od punktów najwyższego ciśnienia ku najniższemu, prostopadle, czyli w kierunku normalnych względem wszystkich izobar, gdyby tylko nie przyjmować pod uwagę ruchu ziemi. Wielkość zmiany ciśnienia na jeden stopień równikowy, czyli na 111 kilometrów, nazywa się *gradjentem*. Ścisłe spostrzeżenia wykazały, że *szybkość i siła wiatru są wprost proporcjonalne do wielkości gradjentu*. Największy gradjent zdarza się tylko w krajach podrównikowych, gdzie dochodzi do $3^1/_2$ mm.

§ 60. **Zjawiska optyczne** są to zjawiska wzrokowe widziane w powietrzu oraz na sklepieniu nieba, do nich należą: *a)* tęcza, *b)* halo słoneczne, księżycowe i planetarne, *c)* wieńce słoneczne, księżycowe i fałszywe słońca, *d)* słupy i krzyże słoneczne, *e)* obłoki barwne, *f)* obłoki nietoperzowate, *g)* zorze poranne i wieczorne, *h)* migotanie, *k)* ułudy.

a) Tęczą nazywa się zjawisko siedmiobarwnego łuku na sklepieniu nieba, układającego się podług praw widma słonecznego. Tęcza ukazuje się w lecie i na wiosnę przed deszczem lub wkrótce po deszczu, jeżeli słońce jest bliskie poziomu, nie dalej jak o 40°. Tęcza zjawia się czasem jako łuk podwójny, znacznie rzadziej jako potrójny lub poczwórny. Pięciokrotny łuk tęczy należy do nadzwyczaj rzadkich zjawisk. Wielokrotne tęcze układają się w coraz słabszem natężeniu barw, tak że już czwarta z kolei jest zaledwie dostrzegalną. Łuk tęczy dość rzadko bywa całkowitym na całem sklepieniu, zazwyczaj widocznym bywa tylko w tych częściach, które są bliżej poziomu. Ażeby mogła powstać tęcza, potrzeba niższego położenia słońca oraz dużo meteorów

wodnych, bujających w powietrzu. Gdy deszcz zaczyna padać lub gdy się kończy, natenczas zamiast większych kropli w powietrzu leci już tylko pyłek wodny jako resztki kropel w postaci drobnych baniek i pęcherzyków. Występuje więc tutaj w kroplach rozszczepianie promieni światła białego na barwy, dające na tle chmur złudzenie łuku. To samo zjawisko można odtworzyć sztucznie, przepuszczając promienie słońca przez szklankę lub karafkę, wypełnione wodą. Tęczą białą nazywają świetlane koło, trochę zabarwione po brzegach, widoczne wśród gęstej mgły lub niekiedy w obłokach. Przyczyna tego zjawiska nie jest jeszcze dotąd dobrze objaśnioną. Widzieć można taką tęczę nawet przy sztucznem świetle gazu, a także w czasie pełni księżyca. Zdaje się, że główną przyczyną zjawiska jest dyfrakcja promieni.

b) Halo słoneczne, księżycowe i *planetarne* są to kręgi tęczowo zabarwione i widoczne dokoła słońca i księżyca w odległości około 20°, a nawet podobna tęcza bywa i dokoła większych planet. To zjawisko ukazuje się wtedy, gdy w wyższych warstwach powietrza nastąpiło silne oziębienie i utworzyły się drobniutkie kryształki śniegu, bujającego swobodnie w powietrzu. Rozszczepianie promieni światła, przenikającego przez te kryształki, daje tęczowe koło pojedyncze a czasem nawet i podwójne. W pewnych odstępach takie barwne koła otaczają niekiedy tarczę słońca, księżyca i planet.

c) Słońca i księżyce fałszywe są to zjawiska, które powstają w tych samych warunkach jak i halo; polegają one na tem, że wewnątrz bliskiej tęczowej obwódki przechodzi przez środek tarczy blady pas, który w przecięciach z kołem tworzy odblaski prawdziwego słońca lub prawdziwego księżyca. *Wieńce* słoneczne i księżycowe widoczne bywają, jako kilka współśrodkowych kół podczas tego, gdy lekkie obłoki pierzaste przesuwają się przed samą tarczą. Koła te mają zabarwienia tęczowe. *Wieńce przeciwsłoneczne* są to rzuty tęczowych wieńców bezpośrednich na tło chmur. Tego rodzaju zjawiska należą do wyjątkowych i mogą być dostrzegane tylko na wierzchołkach bardzo wysokich gór, gdzie powietrze jest rzadkie, a chmury płyną niżej wierzchołków. Po raz pierwszy spostrzegł to zjawisko Bouguer i Condamine podczas pomiarów łuku południka w Peru. Wspomniani uczeni ujrzeli to piękne zjawisko na szczytach gór Pichincha i Pambamarca. To samo rzadkie zjawisko powtarza się także w pobliżu biegunów ziemi, gdy obłoki, podnoszące się z powierzchni morza, zatrzymują się na wysokości 50 metrów ponad ziemią, a spostrze-

gacz wejdzie na szczyty maszt. Do bardzo rzadkich zjawisk należą także *przeciwsłońca*, jest to obraz okrągły, bardzo wyraźnie występujący, jako odbicie słońca na przeciwnej stronie sklepienia.

d) Słupy i krzyże słoneczne bywają widziane w czasie mroźnych dni przy wschodzie i zachodzie słońca i uważane bywają przez lud za oznaki silnego mrozu. Zjawiska te powstają z przyczyny załamania i odbicia promieni słońca w kryształach śniegu, tworzącego obłoki.

e) Obłoki barwne są to malownicze i piękne zjawiska, znane dobrze wszystkim; występują one przy wschodzie słońca, a szczególniej bywają urozmaicone świetnie w czasie zachodu. Przyczyna barw występujących w obłokach bywa rozmaita. Gły obłok składa się z wodnych meteorów rozmaitej wielkości, wówczas każda kropelka wywołuje uginanie się promieni słońca, w tym lub innym kierunku. To uginanie w różnych kierunkach tworzy różnorodne natężenia światła. Blask i barwa obłoku zależy od tego, że niektóre z tych przypadkowych odchyleń i uginań promieni przeważają ponad innemi, nadając tem pewien ton barwy i blasku. Niekiedy odbicie promieni przeważa nad rozpraszaniem albo też odwrotnie; niekiedy znowu pewne promienie bywają pochłaniane przez obłok, inne zaś odbite ku powierzchni ziemi. To wszystko razem wytwarza te czarowne zjawiska w czasie zachodu słońca.

f) Obłoki nietoperzowate są to obłoki słabo oświetlone wieczorem i ukazujące się na zachodniej stronie nieba w pobliżu tego miejsca, gdzie słońce zaszło. Obłoki świecą czerwono jeszcze dotąd, dopóki słońce nie oddali się od poziomu o 10°, co trwa prawie godzinę po zachodzie. Potem zjawisko powoli znika. Obłoki nietoperzowate położone bywają znacznie wyżej od pierzastych. Obłoki pierzaste oddalone są od ziemi tylko od 7 do 13 kilom. nigdy nie dalej, gdy tymczasem według obliczeń Jessego obłoki nietoperzowate znajdują się na odległości 80 kilom. od powierzchni ziemi. Tak wielkie oddalenie pozwala odbijać promienie słońca jeszcze wówczas, gdy już inne obłoki są dawno pogrążone w ciemnościach. Szczególniej wielka liczba obłoków nietoperzowatych występowała wszędzie w środkowej Europie w r. 1885 po wybuchu wulkanu Krakatoa na wyspie Jawie; było to w ścisłym związku z wybuchem gazów z krateru potężnego wulkanu.

g) Zorze poranne i wieczorne ukazują się o zmierzchu przy czystem niebie, przed wschodem słońca oraz w kilka chwil po zachodzie. Zjawisko zasadza się na tem, że po zachodzie najbliższa część sklepienia zabarwia się na kolor złotawo-żółty, który

przechodzi następnie w czerwony i potem w ciemno-purpurowy. Odwrotny porządek barw bywa przed wschodem słońca. Zorze powstają z przyczyny odbicia promieni od wyższych warstw atmosfery, przy czem występuje lekkie rozszczepianie światła białego na barwy widma. Promienie więcej załamujące się odrzucane bywają w górne warstwy powietrza, a mniej łamliwe dochodzą do powierzchni ziemi i dają czerwone zabarwienie. Zorze bywają podczas zmierzchu. Należy jednak odróżniać zmierzch zwykły od *zmierzchu astronomicznego*, który liczy się ściśle dotąd, dopóki słońce nie oddali się o 18° poniżej poziomu.

h) Migotanie jest to zjawisko atmosferyczne, które zależy od czystości i siły rozpraszania światła w powietrzu. Gdyby powietrza nie było dokoła ziemi, nie byłoby też i migotania. Tymczasem obecność cząsteczek ruchliwego powietrza wywołuje zmiany natężeń promieni światła. Szczególniej jest to łatwo spostrzegane podczas czystych pogodnych nocy, kiedy światło każdej gwiazdy wydaje się drżącem, więcej lub mniej, zależnie od barwy gwiazdy. Najwięcej migotają gwiazdy białe, potem żółte, a najsłabiej gwiazdy czerwone. Najsilniejsze migotanie bywa podczas mrozu.

k) Ułudy lub *miraże* są to u nas bardzo rzadko widziane zjawiska. Natomiast w krajach podzwrotnikowych na rozległych równinach ułudy należą do zjawisk dość częstych. Wiadomo z fizyki, że zwierciadła płaskie i wypukłe dają obrazy urojone. Przy tem, gdy kąt, który tworzy zwierciadło płaskie z przedmiotem jest mniejszy od 45°, obraz bywa prosty; jeżeli zaś ten kąt jest większy od 45°, wtedy obraz bywa odwrotny. Na rozległych równych przestrzeniach nad powierzchnią morza, stepu lub pustyni pewna nisko położona warstwa powietrza może się stać zupełnie nieruchomą. Taka warstwa nieruchomego powietrza w krajach gorących daje jedną dolną powierzchnię zwierciadlaną, druga zaś górna powierzchnia tej warstwy jest położona znacznie wyżej. W opisanych warunkach mogą powstawać ułudy; to znaczy, że przedmioty bardzo oddalone, położone na miejscu górzystem, powyżej warstwy zwierciadlanej, odbijają się i dają obrazy urojone, które wprowadzają w błąd podróżnika po pustyni. Podobne ułudy, zwane *fata morgana*, widziane bywają w czasie cichej i pięknej pogody nad jeziorem Leman, a także w Sycylji pomiędzy miastami Reggio i Messina, na cieśninie morskiej. W miejscowościach podbiegunowych warstwa powietrza, służącego za zwierciadło, bywa cieńsza, z tego powodu obie powierzchnie, tak górna jak dolna, mogą dawać obrazy urojone. Istotnie też bardzo czę-

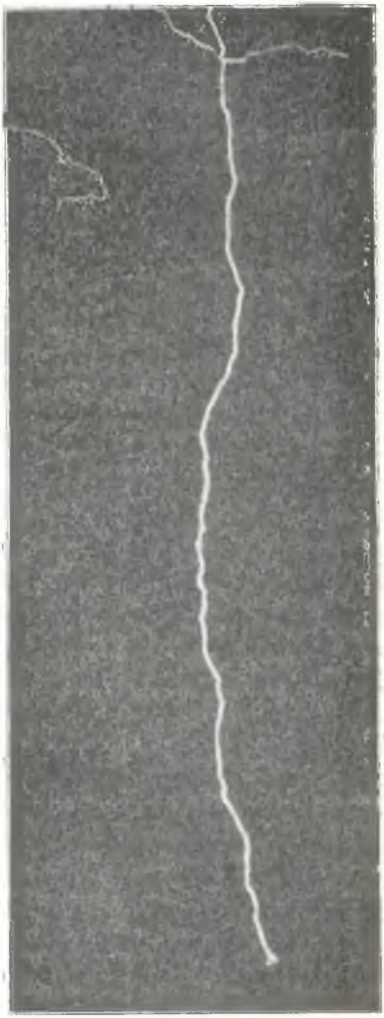
sto pod biegunami widzieć można jednocześnie po dwa obrazy pewnego bardzo oddalonego przedmiotu. Jeden obraz bywa prosty, a drugi odwrócony.

Do rodzaju ułud należą jeszcze, tak zwane, *widma*. Zjawisko to występuje najczęściej podczas mgły w górach. Podróżnicy widzą na tle mgły ogromnie powiększone obrazy wierzchołków gór, a także i swoje własne postaci, wyraźnie zarysowane na tle mgły.

§ **61. Zjawiska elektryczne.** Do zjawisk elektrycznych należą: *a)* błyskawice piorunowe, *b)* błyskawice ciche, *c)* błyskawice kuliste, *d)* fosforescencja elektryczna: ogniki S-go Elma, widmo Brockena i t. p., *e)* zorze polarne.

a) Błyskawice piorunowe. Od czasów Benjamina Franklina, który w roku 1752 w pobliżu Filadelfji, wykonał doświadczenie z latawcem, wyciągając iskry elektryczne z chmur, stało się niewątpliwem, że błyskawica jest wielka iskrą elektryczną. Doświadczenia Franklina były w wielu miejscach powtarzane i w Petersburgu zdarzyło się nieoczekiwane nieszczęście, że z chmury ściągnięto prawdziwy piorun, który zabił uczonego Richmana. Badania późniejsze okazały, że elektryczność nie tylko jest zawsze obecna w chmurach, ale że i w czasie zupełnie jasnej pogody i braku chmur znajduje się wszędzie w powietrzu. Pierwsi badacze przypuszczali, że elektryczność jest rozproszona w powietrzu na podobieństwo wodnych meteorów. Pogląd ten później okazał się błędnym i niezgodnym z istotą rzeczy. Drobiazgowe badania wielu uczonych zmieniły pierwotny pogląd na elektryczność atmosferyczną. Dzisiaj powszechnie przyjęto tłomaczenie elektryczności powietrza w czasie pogody, jako wynik *indukcji*; to znaczy, że elektryczność rozwija się pod wpływem działania powierzchni ziemi. Bardzo prawdopodobnem jest, że bryła ziemska posiada stały ładunek elektryczności ujemnej, a powietrze wcale nie zawiera elektryczności swobodnej, lecz tylko bierze udział w indukcji, jako *dielektryk*, to jest zły przewodnik elektryczności. Cała atmosfera, otaczająca ziemię, jest ogromnych rozmiarów *polem elektrycznem*, w którem są warstwy o równem napięciu elektryczności, tak zwane, warstwy *równego potencjału*. Jeżeli w miarę wznoszenia się w górne warstwy powietrza spostrzegamy, że napięcie elektryczności dodatnej ciągle wzrasta, to objaśniamy dzisiaj ten fakt tem, że w miarę oddalania się od ziemi potencjał elektryczności ujemnej opada. To tłomaczenie jest najzupełniej zgodne z wszystkimi objawami elektryczności atmosferycznej, burzy, gradu,

zorzy polarnej i prądów na powierzchni ziemskiej. Nowsze przyrządy, jako to: elektrometry, elektrografy i kolektory, znajdują się w wielu obserwatorjach meteorologicznych, pozwalają obliczać i badać stan potencjału elektrycznego w atmosferze. W czasie burzy dzieją się bardzo silne zmiany i zakłócenia w układzie warstw równego napięcia elektryczności. Nawet w czasie zwykłego deszczu elektryczność nie pozostaje obojętną i ładunek deszczowy bywa ujemny.



rys. LXXIII.

Błyskawica jest wynikiem niezmiernie szybkich wahnień wyładowania elektryczności pomiędzy dwiema chmurami lub pomiędzy oddalonemi częściami jednej i tej samej chmury, albo też pomiędzy chmurą i powierzchnią ziemi, co nazywamy zazwyczaj piorunem. Błyskawice bywają: 1) linjowe, 2) płaskie. *Błyskawice linjowe* ukazują się jako zygzakowate linje, świetnie błyszczące w ciągu bardzo krótkiej chwili czasu. Załączamy tutaj dwie fotografje błyskawic linjowych. Rysunek LXXIII przy uważnem obejrzeniu pokazuje, że oprócz jasnej linji głównej są w niektórych miejscach dostrzegalne ciemne odgałęzienia boczne. Ten ważny szczegół, dotąd niewytłomaczony jeszcze naukowo, ujawniły czułe klisze fotograficzne. Drugi rysunek (LXXIV) przedstawia fotografię błyskawicy, na której równolegle do jasnej linji występuje druga linja ciemna. Te zagadkowe linje ciemne są zdobyczą ostatniego okresu nauki. Niektórzy uczeni, jak naprzykład Lockyer, chcą widzieć w linjach

ciemnych przypadkowe zjawisko na kliszy, jako pewien odblask wyładowania. Inni z tym poglądem nie zgadzają się. Cała ta ciekawa kwestja pozostaje dotąd otwartą dla dalszych badań. Linja, po której przebiega iskra błyskawicy, jest bardzo długa i dochodzi częstokroć do 10 kilometrów.

2) *Błyskawica płaska* jest to chwilowy wybuch ognisty w chmurze, jakby krótkie jasne mrugnięcie bez widoku iskry. Tego ro-



rys. LXXIV.

dzaju błyskawice przedstawiają szereg cichych wyładowań pomiędzy chmurami bez towarzyszenia grzmotu.

b) Błyskawice ciche są odblaskami piorunów bardzo oddalonej burzy, albo też częściej bywają to wyładowania elektryczności pomiędzy chmurami, gdzieś daleko od miejsca spostrzegacza. Grzmot z wyższych odległych warstw rzadszego powietrza nie dochodzi wcale do ucha.

c) Błyskawice kuliste przedstawiają najniebezpieczniejszą postać elektryczności atmosferycznej. Błyskawice takie ukazują się w postaci kuli lub elipsoidy, wielkości jabłka, a nawet czasem dochodzą do rozmiarów głowy dziecka, płyną one wolno w powietrzu ruchem postępowym tak, że można je dopędzić w biegu. Ale biada człowiekowi, gdy zetknie się niebacznie z tą kulą; po dotknięciu następuje wyładowanie iskry i natychmiastowa śmierć człowieka. Tego rodzaju błyskawice zdarzają się przy bardzo silnych wyładowaniach elektryczności atmosferycznej w krajach podzwrotnikowych. U nas podobne zjawisko należy do nadzwyczaj wyjątkowych, jednakże znane są wypadki w Europie, gdy podczas silnej burzy do chaty wpadła kula, zwolna płynąca i rozpryskująca się z strasznym łoskotem przy zetknięciu. Sztuczne odtworzenie błyskawicy kulistej udało się wykonać wynalazcy akumulatorów Planté, który do doświadczenia swego wziął 800 akumulatorów, jeden koniec przewodnika od katodu pogrążył w wodę zakwaszoną, a przewodnik od anodu zwolna przybliżał, wtedy iskra w postaci kulistej wyskakiwała ponad powierzchnię wody i, ślizgając się, biegła do anodu. W jakich jednak warunkach może powstać błyskawica kulista w powietrzu, to dotychczas nie jest znane nikomu.

d) Fosforescencja elektryczna pod postacią widma Brockena bywa podczas zmierzchu lub ciemnej nocy, gdy na niebie jest dużo chmur mocno naelektryzowanych. W tych warunkach wierzchołki góry lub kopuły wyniosłej wieży okrywają się słabą aureolą światła i mogą być w ciemności dostrzegane. Niekiedy znowu maszty okrętów, żerdzie płotów i wierzchołki drzew wydzielają słabe fosforyczne światełka, które nazywają ognikami S-go Elma. Co się tycze mechanicznego i fizjologicznego działania wyładowań błyskawicy, to te są zawsze dla człowieka bardzo niekorzystne. Pod wpływem uderzenia piorunu budynki zapalają się, istoty organiczne tracą życie. Często słyszeć można takie opowiadania, że piorun wpadł przez okno, wyleciał kominem, albo że poobrywał guziki u paltota, stopił monetę w kieszeni, nie czyniąc szkody człowiekowi. Wszystkie podobnego rodzaju gawędy polegają na nierozumieniu samego zjawiska. Piorun przedstawia tak wielką ilość elektryczności, że ona wystarcza nawet do zabicia słonia. Zdarzyć się jednak może, że człowiekowi, stojącemu pod ścianą budynku, udzieli się tylko cząstka elektryczności, jako boczny potok od głównego prądu. Taki poboczny strumień może być mniej groźnym. Tak samo, gdy człowiek jest wewnątrz budynku, rażo-

nego piorunem, wówczas zauważyć można mnóstwo pobocznych strumieni to w ścianie, to w oknie, to w kominie lub w drzwiach. Powierzchowny sąd o rzeczy skłoni do mniemania, że się widziało piorun, latający od okna do drzwi a od drzwi do komina, gdy tymczasem to były tylko jednochwilowe liczne strumienie, sypiące się na wszystkie strony od głównego prądu pioruna.

Rozbiór widmowy błyskawicy zrobiony był przez Wooda i ujawnił linje tlenu, wodoru, azotu i kwasu węglowego; smugi absorpcyjne w widmie błyskawicy należą do pary wodnej.

e) *Zorze polarne*. Od czasu ekspedycji międzynarodowej, wysłanej ku biegunom w celu zbadania objawów *zorzy* w r. 1882—3, stało się powszechnie wiadomem, że te zjawiska mają zupełnie ten sam początek jak błyskawice. Zorza polarna jest więc cichem wyładowaniem elektryczności pomiędzy wyższemi warstwami powietrza i powierzchnią ziemi. Uczony angielski Weeder, przeprowadziwszy bardzo troskliwe badania nad objawami 200 zórz polarnych, stwierdził fakt bardzo ważny, że pomiędzy częstością i siłą wybuchów pochodni na słońcu a ilością zórz polarnych jest ścisły związek. Inny uczony Marchand, badając zorze w ciągu lat pięciu wykrył niezaprzeczony związek pomiędzy częstością zórz i zaburzeniami magnetyzmu ziemskiego. Fakt tej zależności stał się dla wszystkich niewątpliwym od roku 1892, kiedy pomiędzy 5 i 18 Lutego przesuwała się wielka plama słoneczna, widziana gołem okiem. W tym samym czasie wszystkie obserwatorja Europy i Ameryki półn. jednocześnie zanotowały silne burze magnetyczne, a pomiędzy 13 i 14 Lutego zajaśniała jedna z najwspanialszych zórz, widziana wszędzie na półkuli północnej. Widok zorzy polarnej w okolicach podbiegunowych jest zjawiskiem nieporównanej piękności. Żaden opis nie jest zdolny odtworzyć wszystkich szczegółów. Z pewnego ciemnego punktu na północy widnokręgu zaczynają rozbiegać się jasne purpurowe promienie a poniżej natychmiast ukazuje się złocisto żółtawy wielki łuk. Niekiedy barwne jaskrawe promienie dochodzą do zenitu i czasem tworzą około łuku bardzo dziwaczne kształty zielonkawych draperyj, których jeden brzeg staje się falistym. Zauważono, że wierzchołek łuku zorzy jest zmiennym i rozciąga się bardzo często w kierunku południka magnetycznego, czasem zaś odchyla się od tego ostatniego bardziej na wschód o 11°, Zwykła wysokość ponad poziomem, do której sięgają zorze bywa od 100 do 200 kilom., chociaż wyjątkowe zorze mogą dochodzić do 500 kilom. Rozbiór widmowy światła zorzy polarnej wykazał pewną zmienność.

Ukazuje się 12 znamiennych prążków widma, lecz nie wszystkie bywają razem. Główna linja położona bywa między czerwoną oraz zieloną częścią. Rodzaj widma jest wogóle taki sam, jaki bywa od gazów, szczególniej azotu i argonu, rozpalonych do najwyższej temperatury, co silnie przemawia za elektrycznym początkiem zorzy.

Opisawszy wszelkie objawy elektryczności atmosferycznej, przejdziemy teraz do objaśnienia źródeł tego rodzaju energii. Najdawniejsze objaśnienie od czasów Volty było takie, że parowanie wody jest głównem źródłem, z którego powietrze czerpie elektryczność. Zaprzeczyć nie możemy, że w rzeczy samej parowanie wywołuje zmiany w elektrycznem napięciu i gdy para skropli się, czy to pod postacią mgły, śniegu lub gradu, wówczas elektryczność rozmieszcza się na małej powierzchni i tem samem może dojść do znacznego natężenia. Jednakże powyższe objaśnienie nie może wystarczyć dla wszystkich objawów silnego nagromadzenia się elektryczności w powietrzu. Według idei Ehrmanna i Peltier ziemia posiada stały ładunek elektryczności ujemnej; do tego Thomson dodał jeszcze, że górne warstwy na krańcach atmosfery posiadają nadmiar elektryczności dodatniej. Skutkiem tego, wszystkie objawy elektryczne w powietrzu są wynikiem indukcji. Zdaje się, że to objaśnienie trafia w sedno całej bardzo zawikłanej kwestji. Gdy dodamy jeszcze do tego nieustającą działalność promieni *aktynicznych*, to całe zagadnienie źródeł elektryczności powietrznej stanie się niemal rozwiązanem. Promieniami aktynicznymi nazywają te ciemne promienie widma słonecznego, które znajdują się w części pozafiołkowej, a więc te, które działają chemicznie. Liczne doświadczenia stwierdzają, że aktyniczne promienie mają zdolność rozbrajania nabojów elektrycznych. Gdy padają takie promienie na naelektryzowany ujemnie przewodnik, to następuje stałe powolne rozpraszanie i utrata całego naboju. Nic nie jest w stanie zatamować energicznego działania pozafiołkowych promieni: woda, lód, śnieg, kryształy minerałów, wszystko to przepuszcza promienie aktyniczne. Jedynie tylko gruba warstwa sadzy zdolna jest pochłonąć część energii tych promieni. Widzimy z tego, że oprócz parowania wody istnieje w przyrodzie drugi, o wiele potężniejszy, czynnik przenoszenia nabojów elektrycznych w warstwy powietrza. Wobec odkrycia działalności promieni aktynicznych można zadać sobie pytanie, czy w następstwie pod działaniem tych promieni ziemia nie utraci całego zapasu elektryczności ujemnej. Tutaj staje przed nami zagadnienie krążenia

i odnawiania siły naboju, który posiada ziemia. Przedewszystkiem nie możemy zaprzeczyć, że słońce wysyła ku ziemi fale elektromagnetyczne, bo czyż można byłoby wątpić o tem, że słońce, wysyłając fale światła i ciepła, nie jest zdolne do wyrzucania fal elektrycznych. Słońce więc musi odnawiać zapasy elektryczności ziemi w górnych warstwach powietrza; z drugiej znowu strony znaczne ilości nabojów elektrycznych, zaczerpniętych z ziemi, wracają z wyższych warstw razem z kroplami deszczu, z kryształami śniegu i gradu, a także przy pośrednictwie zórz polarnych. To wszystko razem przedstawia mechanizm, regulujący ilość nabojów elektrycznych kuli ziemskiej.

§ 62. **Magnetyzm ziemi.** Ziemia jest bryłą o własnościach wybitnie magnetycznych, które wskazuje igła magnesowa, osadzona na ostrzu. Tego rodzaju igła zawsze zwraca się jednym końcem na północ. Magnetyzm ziemski w każdem miejscu powierzchni określa się przez trzy czynniki: zboczenie, nachylenie i natężenie magnetyzmu; to ostatnie jest proporcjonalne do składowej poziomej i wyznacza się przy pomocy tej linji. Południk magnetyczny danego miejsca jest to linja, która przechodzi przez dany punkt oraz przez bieguny magnetyczne kuli ziemskiej. Tę linję otrzymamy jako ślad na powierzchni ziemi, jeżeli poprowadzimy płaszczyznę przez linję pionową oraz przez oba bieguny igły magnesowej. Południk magnetyczny wraz z południkiem geograficznym danego miejsca tworzą pewien kąt, który nazywa się *zboczeniem magnetycznem*. Położenie biegunów magnetycznych jest zmienne z biegiem lat. W roku 1890 biegun północny był położony w miejscu, którego szerok. geogr. 78° 51′ i długość wsch. 119° 10′, a biegun południowy miał 72° 59′ szerok. geogr. polud. i 93° 23′ dług. wsch. Zboczenie magnetyczne w każdem miejscu jest inne i przy tem podlega wiekowym zmianom, a także chwilowym zakłóceniom, które nazywają się *burzami magnetycznemi*. W większej części Europy zboczenie jest *zachodnie*, również w Afryce i na oceanie Atlantyckim. Zboczenie bywa *wschodnie* w Azji, Oceanji, Ameryce oraz na oceanie Spokojnym. W Japonji, w Chinach zachodnich, we wschodniej części Australji i na zachodniem wybrzeżu Ameryki zboczenie magnetyczne znowu staje się zachodniem. Zaburzenia magnetyczne powodują w danem miejscu zboczenia bardzo nieprawidłowe od 1° do 3°, lecz gdy burza ustanie, igła wraca do swego normalnego położenia. Tego rodzaju zwichnięcia położeń igły zależne są jak najściślej od wielkich zaburzeń na powierzchni słońca. Oprócz tego silne uderzenie pio-

runu, lub bliskość relsów kolei elektrycznej wywołuje prądy i nagłe oszołomienia igły zboczeń. Ze względu na związek magnetyzmu ziemskiego z działalnością słońca zaprowadzono w bardzo wielu obserwatorjach odpowiednie przyrządy do śledzenia zmian magnetyzmu. Oprócz wiekowych zmian zboczenia, które mogą być w danem miejscu dość znaczne, (jak naprzykład w Paryżu w r. 1580 zboczenie magnetyczne było wschodnie 11° 30′ a w roku 1814 było już zachodnie 22° 34′ i dzisiaj równa się tylko 14°), mają miejsce jeszcze krótsze zmiany czyli *warjacje roczne i dzienne*. Dla całej Francji oznaczono warjację roczną 5′, którą trzeba corok odejmować od zboczenia. Warjacja dzienna w roku 1895, od god. 6-ej rano do 4-ej po południu, była równą 12′, obecnie jest inna = 9′. Na znacznej części powierzchni ziemskiej można odnaleźć takie miejsca, gdzie zboczenia magnetyczne będą jednakowe. Te miejsca, połączone między sobą linjami, dają nam, tak zwane, *izogony*, przebiegające zawsze przez oba bieguny magnetyczne. Linja, na której zboczenia = 0° nazywa się *agoną*. Igła magnesowa zawieszona na osi poziomej, tak ażeby środek ciężkości wypadał dokładnie w punktach oparcia na osi, nazywa się *igłą nachyleń*. Taka igła może wahać się tylko w płaszczyźnie pionowej i służy do wyznaczania wielkości nachyleń. Gdy igłę nachyleń ustawić w płaszczyźnie południka magnetycznego, to północny jej koniec nachyli się w stronę bieguna północnego. Kąt, jaki tworzy igla z linją poziomą, nazywa się *nachyleniem magnetycznem* i jest w każdem miejscu inne. Nachylenie tak samo podlega wiekowym zmianom oraz zaburzeniom, tak naprzykład w roku 1670 w Paryżu nachylenie było 75°, obecnie jest już tylko 64° 30′. Igła nachyleń nigdy nie jest położona poziomo, za wyjątkiem równika, i można jej kierunek rozłożyć na dwie składowe przy pomocy wykreślenia równoległoboku: jedna składowa będzie *pionowa*, a druga *pozioma*. Obliczając przy pomocy wzorów trygonometrji długości tych linij, znajdziemy wielkości składowej poziomej i pionowej, jako stosunek do natężenia na równiku magnet. tak naprzykład dla Paryża w roku 1901 było: składowa pozioma = 0,197, a pionowa = 0,421, (przyjmując natężenie magnetyzmu na równiku = 1). W zatoce Hudsońskiej składowa pionowa = 1,8 a przy ujściu Leny = 1,7. Łącząc wszystkie punkty, w których nachylenie jest jednakowe, otrzymujemy na mapach, tak zwane, *izokliny*, zbliżone trochę do równoleżników. Do mierzenia zboczeń używa się *bussoli* poziomej, a do mierzenia nachyleń służy bussola, ustawiona pionowo w płaszczyźnie południka magnetycznego.

§ 63. **Wiatry.** Dawniej uważano za główną przyczynę wiatru różnicę temperatury; pogląd ten jednak w ostatnich dziesiątkach lat uległ zmianie. Dzisiaj powstawanie wiatru tłomaczy się różnicą ciśnień w dwu sąsiednich punktach; różnica temperatur jest zjawiskiem ubocznem, sprzyjającem temu lub innemu rozkładowi ciśnień. W rzeczy samej, równowaga w gazach istnieje tylko pod tym warunkiem, jeżeli na jednym i tym samym poziomym przekroju ciśnienie pozostaje wszędzie jednakowe i równowaga natychmiast nadweręża się, jeżeli ciśnienie w sąsiednich punktach staje się różnem. Jeżeli wyznaczymy położenia *izobar*, drogą bezpośrednich spostrzeżeń barometrycznych, to zauważymy, że największa zmiana ciśnienia będzie wypadała w tych kierunkach, które będą szły prostopadle do izobar. Taki kierunek prostopadły nazywa się kierunkiem *gradjenta* i siła wiatru będzie wprost proporcjonalną do wielkości tegoż gradjentu. Jest to, tak zwane, *prawo Stefenshona*. Przypomnimy tutaj; że gradjentem nazywa się spadek barometru na każde 111 kilom. Jeżeli porównamy położenia i kierunki izobar z kierunkami izoterm, to okażą się bardzo znaczne różnice tych linij, co właśnie było przyczyną zarzucenia dawniejszych teoryj wiatru. Ruchy ziemi około osi sprawiają to, że wyżej wypowiedziany możliwie najprostszy kierunek wiatru ulega mniejszym lub większym zakłóceniom. Cały szereg spostrzeżeń wykrył drugie prawo: „Jeżeli patrzymy na wyznaczone na mapie punkty najwyższego ciśnienia oraz najniższego, to wiatr dąży zawsze od *maksimum* ku *minimum;* lecz pod wpływem obrotu ziemi odchyla się w kierunku wschodnim na półkuli północnej i w kierunku zachodnim na półkuli południowej, jeżeli tylko maksimum ciśnienia wypada bliżej biegunów, aniżeli minimum. Przy odwrotnem położeniu tych dwu głównych punktów zboczenie kierunku wiatrów będzie również odwrotne, to jest zachodnie w pólkuli północnej, a wschodnie w południowej". Wyżej wypowiedziane prawo pozwala z góry przewidywać kierunek wiatru, jeżeli się ma przed sobą mapę izobar, wykreślonych w pewnym oznaczonym czasie; przytem należy zauważyć, że kierunek wiatru w żadnym bądź razie nie jest zależnym od jego szybkości. W niższych warstwach powietrza, tuż nad powierzchnią ziemi, wiatr przedstawia kierunki bardzo zmienne i, przebiegając ponad lasami, rzeką lub górą, ustawicznie zmienia swą siłę i kierunek, dając początek wirom i prądom chwilowym. Już samo tarcie cząsteczek powietrza o powierzchnię lądów zdolne jest hamować i zmieniać potoki wiatrów nadziemnych, wywiązuje się także silne

tarcie pomiędzy warstwami samego powietrza. Wymienione wyżej objawy dają podstawę do klasyfikacji wiatrów.

Pierwszym najbardziej widocznym podziałem wiatrów będą dwa rodzaje: 1) wiatry stałe, 2) wiatry niestałe. Wiatry stałe mają swój własny okres natężenia, jedne z okresem dziennym, inne z okresem rocznym. Do wiatrów z okresem dziennym należą *bryzy*. Te wiatry ukazują się stale na wybrzeżach mórz i jezior, powtarzają się codziennie z ścisłą prawidłowością. Jednocześnie z wschodem słońca rozpoczyna się wiatr od morza ku brzegom; jest to *morski bryz*, który stopniowo wzmacnia się i dochodzi do największości w południe. Następnie zaczyna słabnąć i wieczorem przycicha zupełnie. W czasie nocy rozpoczyna się *brzegowy bryz* od lądu na morze; ten wiatr nad ranem ustaje, ażeby ustąpić morskiemu wiatrowi. Samo przez się rozumie się, że opisany porządek niekiedy bywa zakłócany przez silniejsze wiatry uboczne i w miejscowościach podzwrotnikowych prawidłowość bryzów jest bardziej widoczna, aniżeli w innych szerokościach.

Wiatry stałe z rocznym okresem działalności nazywają się *passatami*. Są to najważniejsze wiatry w miejscowościach strefy gorącej, pomiędzy 28° szerokości północnej i 28° szer. południowej; powodem tych wiatrów są duże różnice ciśnień powietrza w okolicach podbiegunowych i podrównikowych. Najwyższe ciśnienia bywają stale pod biegunami, podczas gdy możliwie najniższe ciśnienia barometryczne ukazują się pod równikiem. Stąd kierunek gradjentu staje się stałym od bieguna ku równikowi, poczynając od strefy *zacisza*, gdzie wiatr opada na samą powierzchnię ziemi. Do tego kierunku *NS* gradjenta dołącza się ruch ziemi w kierunku *WO* i wypadkowa tych dwu kierunków daje nam stały wiatr, wiejący od północy na wschód w półkuli północnej i od południa ku wschodowi w półkuli południowej. W górnych warstwach atmosfery jednocześnie biegną wiatry wtórne jako *antipassaty*, w kierunkach wprost przeciwnych passatom. Opisane wiatry mają duże znaczenie dla żeglugi, gdyż bywają stale na oceanach Atlantyckim i Spokojnym. Co się tycze *antipassatów*, to one mogą być spostrzegane tylko na wierzchołkach wysokich gór Kordylierów, tudzież z wysoko wzlatających balonów. Pod samym równikiem zbiegają się passaty południowe z północnymi i znosząc się wzajemnie wytwarzają *strefę zacisza równikowego*, jako pas szerokości 4°. W tej strefie powstają warunki najbardziej sprzyjające silnym burzom elektrycznym i chwilowym huraganom. Zupełna prawidłowość. passatów występuje tylko na oceanach,

natomiast w pobliżu lądów wiatry te poddają się wpływom innych wiatrów, dmących z wielkich przestrzeni lądowych, stąd kierunek ich odmienia się. Tak naprzykład wiatry stałe na oceanie Indyjskim są pod przemagającym wpływem dwu wielkich lądów Azji i Afryki, są więcej zależne od zmiennej temperatury tych lądów. Począwszy od miesiąca Kwietnia do Października, wieje stały wiatr w kierunku z południa ku zachodowi, to jest ciągle od brzegów Afryki. Wiatr ten nazywają *monsunem*. Podczas zimy wiatr wieje od brzegów Azji. Oprócz wspomnianych wyżej wiatrów w niektórych miejscowościach ukazują się jeszcze stałe wiatry miejscowe, tak naprzykład w Saharze wieje wiatr, dochodzący aż do Arabji i noszący nazwę *samum*. W zatoce Gwinejskiej skutkiem bliskości Sahary, w której latem mają miejsce bardzo niskie ciśnienia powietrza, wiatr dmie stale w kierunku południowo-zachodnim podczas miesięcy letnich; odwrotny zaś kierunek bywa podczas zimy.

Wiatry w średnich szerokościach nie mają stałych okresów, są nieprawidłowe. Na półkuli południowej w strefie umiarkowanej daje się zauważyć jeszcze pewna prawidłowość wiatrów, której nie ma na półkuli północnej. Przyczyną tego faktu jest znaczna przewaga oceanów ponad lądami w półkuli południowej. Antipassat, który w pasie gorącym płynie w górnych warstwach, przeszedłszy 35° równoleżnik szerok. połud., opada w dolne warstwy powietrza i, jako wiatr północno zachodni, wieje bardzo prawidłowo w czasie miesięcy letnich. W półkuli północnej podobnych warunków nie ma i u nas antipassat południowo zachodni przepływa stale na wysokości 3 kilometrów ponad poziomem, wywołując tylko ruchy obloków pierzastych oraz cyklony i anticyklony nad powierzchnią ziemi.

Znaczenie wiatrów jest duże, one to wpływają na zmiany temperatury i zależnie od tego, z jakich okolic wieją, mogą przynosić ciepło lub mróz. Wiatry przyczyniają się do obfitości lub braku wilgoci i opadów atmosferycznych. Jeżeli przesycony wilgocią wiatr spotyka na drodze góry, to tutaj zawsze oddaje cały nadmiar pary wodnej w postaci deszczów, wówczas po drugiej stronie wysokich gór wypadnie okolica sucha i bezdeszczowa. Ten objaw stale spotyka się na wybrzeżach Ameryki po drugiej stronie Kordyljerów oraz w Tybecie, w pustyni Gobi i w Saharze. Wiatry mogą także przenosić lotne piaski i tworzyć wydmy, jako chwilowe pagórki. Wysokość takich piaszczystych pagórków nigdy nie jest wielka; w Saharze dochodzą one do 200 metr.,

nad zatoką Kurońską przy ujściu Niemna wysokość wydm nie przewyższa 7 metrów, a na południu Francji w Gaskonii dochodzi do 80 metrów. Tutaj występuje bardzo niekorzystne działanie wiatrów, wydmy mogą przenosić się do miejsc żyznych i tworzyć tam piaszczyste pustkowia.

Oprócz wiatrów zwykłych mogą powstawać jeszcze niekiedy *huragany*. Przyczyną tych nagłych, bardzo niebezpiecznych wiatrów jest silny spadek ciśnienia w danem miejscu, niekiedy o 5 mm. wysokości barometru. Wytwarzają się czasem takie warunki, że ogromna ilość powietrza porwana bywa nagle w górne warstwy, jeżeli tam przebiega silny prąd wiatru. Skutkiem tak nagłej zmiany ciśnienia sąsiednie masy powietrza rzucają się ze wszystkich stron w rozrzedzony słup powietrza, tworzą wir, który idzie ruchem postępowym. Szybkość wiatru w strefie gorącej w opisanych warunkach dochodzi do 70 metrów na sekundę i wywołuje straszliwe zniszczenia w budynkach i roślinach oraz straty w ludziach. W naszym klimacie huragany należą do objawów rzadkich i szybkość wiatru u nas może dochodzić co najwyżej do 30 metr. na sekundę, a barometr może opaść o $2^1/_2$ mm. Gdy do huraganu dołączą się jeszcze działania elektryczne między powierzchnią ziemi i warstwą powietrza, w takich przypadkach powstaje *tromba*, lub *tyfon* na morzu. Z chmury spuszcza się stożek, a odwrotny stożek wody podejmuje się z morza lub stożek piasku na lądzie. Oba stożki na pewien czas łączą się i zwolna posuwają, czyniąc spustoszenia po drodze.

§ 64. **Wilgoć, obłoki i opady.** Nadmiar wilgoci w powietrzu wydziela się, jako *a*) rosa, *b*) szron, zamróz i gołoledź, *c)* sadź, *d)* mgła.

a) *Rosa* ukazuje się latem w czasie nocy na powierzchni trawy oraz na wszystkich przedmiotach szorstkich. Przyczyna rosy znajduje się w oziębianiu całej powierzchni ziemi skutkiem promieniowania. Przedmioty o gładkiej powierzchni promieniują słabiej, aniżeli przedmioty o powierzchni szorstkiej, które wypromieniowują ciepło w znacznej ilości i z tego powodu mocno się oziębiają. Na wszystkich szorstkich przedmiotach rosa ukazuje się zaraz po zachodzie słońca i dopiero później pokrywa także i przedmioty gładkie. W czasie nocy pogodnych i jasnych promieniowanie ciepła jest najbardziej ułatwione, stąd też rosa w czasie takich nocy występuje najobficiej. W krajach gorących rosa ukazuje się często tak obficie, że krople opadają z liści jak w czasie deszczu.

b) Szron, zamróz i gołoledź bywają w czasie późnej jesieni oraz zimy. Przyczyna szronu jest zupełnie ta sama, co i rosy. Wilgoć, osiadająca na przedmiotach, marznie z powodu temperatury niższej od 0°. Zamróz różni się od szronu tem, że osiada na wysokich przedmiotach w postaci drobnych ostrych igiełek, osiadających najczęściej na drzewach i drutach telegrafu. Zjawisko to ukazuje się wtedy, gdy mroźny wiatr zastąpi powiew znacznie cieplejszy. Jeżeli zaś po silnym mrozie nastąpi deszcz, wtedy zamróz przechodzi w *gołoledź*. Wyziębiony deszcz spada i natychmiast pokrywa lodem tak powierzchnię ziemi jak i wszystkie przedmioty twarde, będące na niej.

c) Sadź bywa zjawiskiem odwrotnem i następuje wtedy, gdy po kilku cieplejszych, wilgotnych dniach powieje nagle zimny strumień powietrza. Wówczas gałęzie wszystkich drzew przedstawiają czarujący widok skutkiem nagromadzonego obficie na nich puchu śnieżystego, który opada za najlżejszym podmuchem wiatru. Jest to więc nadmiar pary powietrza.

d) Mgła. Zjawisko mgły polega na tem, że nadmiar wilgoci w atmosferze tworzy małe kropelki wody w postaci baniek wewnątrz pustych i swobodnie bujających w powietrzu, co czyni powietrze nieprzezroczystem. Mgła jest następstwem zmięszania się dwu prądów powietrznych: jednego, przesyconego parą, a drugiego o względnie niższej temperaturze. Często także występuje zjawisko zwane *przestudzeniem* mgły, polegające na tem, że mimo kilku stopni mrozu kropelki mgły nie marzną, są jakby od mrozu zabezpieczone i pozostają w stanie niezmarzniętym. Widocznem jest, że mgła ma własność pochłaniania ciepła przez pewien czas, dopóki silniejszy mróz nie doprowadzi jej do stanu zlodowacenia. Mgły stanowią pierwsze szczeble do wytworzenia obłoków i chmur.

Obłoki. Obłoki mają taką samą budowę fizyczną jak mgła z tą różnicą, że znajdują się zawsze na znacznej wysokości. Podział obłoków względnie do wysokości położenia jest następujący:

1) *Obłoki pierzaste* (*cirrus*) znajdują się na wysokości około 10 kilom. i mają kształt srebrzystych drobnych włókien, włosów i piór.

2) *Pierzasto-warstwowe* (*cirro-stratus*) są położone niżej od poprzednich i dochodzą wysokości $7^1/_2$ kilom. i mają wygląd szerokich białych mglistych smug, wydłużonych w jednym kierunku.

3) *Pierzasto-kłębiaste* (*cirro-cumulus*) bywają na wysokości $6^1/_2$ kilom. i wyglądają jak srebrzyste kłębki wełny, rozmieszczone na niebie rzędami.

4) *Wyższe kłębiaste (Alto-cumulus)* na wysokości 4 kilom., bywają podobne do poprzedzających, lecz kłębki są większe i grubsze, a pośrodku trochę przyciemnione.

5) *Wyższe warstwowate (alto-stratus)* bywają na wysokości 5 kilom. i przedstawiają szarą bezkształtną powłokę, gęsto pokrywającą sklepienie. Czasem przez taką warstwę prześwieca słońce.

6) *Warstwowo-kłębiaste (Strato-cumulus)* dochodzą do wysokości 2 kilom. i bywają gęsto rozsiane po sklepieniu, szczególniej zimową porą, jako biała opona, gdzieniegdzie poprzerywana.

7) *Chmury deszczowe (nimbus)* mieszczą się zazwyczaj na wysokości $1^1/_2$ kilom. jako ciemno-szara gęsta powłoka, wydająca od czasu do czasu deszcz.

8) *Obłoki kłębiaste (cumulus)* są na tej samej wysokości, co i deszczowe. Gdy deszczowe obłoki rozpłyną się i częściowo znikną, zaraz na ich miejscu ukazują się obłoki kłębiaste. To zjawisko spostrzegać można stale tak w naszym klimacie, jak i w krajach podzwrotnikowych. Jest to dowodem, że obłoki kłębiaste muszą powstawać z deszczowych, jako uboczny ich wytwór.

9) *Chmury burzowe (cumulo-nimbus)* są to czarne, grube powłoki chmur mocno naelektryzowanych, dolna ich warstwa dochodzi do wysokości $1^1/_4$ kilom. a górna do 4 kilom.

10) *Obłoki warstwowate (stratus)* przedstawiają mgły podniesione z powierzchni ziemi do wysokości $^3/_4$ kilom. Wysokość wszystkich wymienionych rodzajów obłoków zawsze bywa latem większa, aniżeli zimą.

Opady. Opadami nazywamy deszcze, ulewy, grad, śnieg i krupę. Ilość opadu mierzy się zapomocą *deszczomiarów*; jest to cynkowy walec, którego dno równa się 500 □ centymetr. a wysokość ma podziałkę milimetrową, wskazującą grubość warstwy opadu. Przeciętna ilość opadu u nas w ciągu całego roku równa się 1 metrowi. Jedna część meteorologów widzi w deszczu zwyczajne mechaniczne spadanie kropel wody na ziemię, wywołane oziębieniem i skropleniem całej masy chmury. Natomiast druga część uczonych uważa za przyczynę deszczu elektryczne oddziaływanie pomiędzy chmurą i powierzchnią ziemi. Niewielka zaś grupa uczonych przypisuje dość duże znaczenie objawom dźwiękowym przy pobudzaniu deszczu, sądząc, że wstrząśnienie warstw powietrza przez silny grzmot, wystrzały armatnie lub nagły wybuch dynamitu może zawsze sprowadzić deszcz. Trudno zgodzić się z tymi meteorologami, którzy chcą widzieć w deszczu tylko mechaniczne działania i spadanie. W rzeczy samej, łatwo obliczyć,

że kropla wody lub strumień ulewy, spadając na ziemię z wysokości tylko jednego kilometra, powinnyby mieć szybkość ($v=\sqrt{2gs}$) około 140 metrów na 1 sek.; tymczasem największe ulewy nie ujawniają nigdy większej chyżości spadku jak 9 metr. na sekundę. Z tego powodu przypuszcza się zazwyczaj, że istnieje, tak zwane, wewnętrzne *tarcie cynetyczne*. Zastanowić się jednak dobrze trzeba nad tem i zbadać, czy istotnie to tarcie cynetyczne rozwija ciepło i czy jest zdolne zahamować tak znaczną prędkość, teoretycznie obliczoną dla spadku, czy pierwsze krople deszczu nie powinnyby mieć wielkiej chyżości. Zobaczymy, że dość dużo przyczyn przemawia za błędnością powyższego objaśnienia deszczu. Bardzo ciekawe są doświadczenia Lodge'a i Helmholtza. Lodge zauważył, że gdy przepuszczać szereg iskr elektrycznych pomiędzy dwoma ostrzami wewnątrz naczynia szklanego, wypełnionego dymem, to dym znika i opada na dno naczynia. Helmholtz pokazał, że strumień białej pary wodnej pod wpływem iskr elektrycznych stawał się czarnym, nieprzezroczystym i ulegał skropleniu. Do tych doświadczeń dodamy jeszcze takie, które każdy może sam łatwo sprawdzić na maszynie Holtza. Jeżeli gałkę dodatnego przewodnika maszyny elektrycznej okryjemy wilgotnym muślinem, to po przepuszczeniu szeregu iskr zauważymy szybkie wysychanie muślinu z tego powodu, że cząsteczki wody, będąc naelektryzowanemi, łatwo odbiegają od powierzchni muślinu. Oprócz tego wszystkiego zauważono bezpośrednio przy pomocy elektroskopów, że krople deszczu zarówno jak i płatki śniegu przenoszą ujemne ładunki elektryczne z chmur na powierzchnię ziemi, wynagradzając tem te straty elektryczności, jakie ponosi ziemia przy parowaniu wód i działaniu promieni aktynicznych. Niepotrzeba będzie teraz przypuszczać, że tarcie cynetyczne zdolne jest pochłonąć wielkie prędkości swobodnego spadku, gdyż wiemy, że jednoimienne rodzaje elektryczności ulegają wzajemnemu odpychaniu. Krople deszczu i strumienie ulewy są ciągle pod wpływem elektrycznego odpychania od powierzchni ziemi, stąd też nigdy nie może rozwinąć się taka chyżość spadku, jakaby byłaby przy zupełnie swobodnem spadaniu z chmury na ziemię. To objaśnienie przyczyn deszczu wiąże jeszcze inne fakty, dotąd przez niektórych zaprzeczane, jako zupełnie niezrozumiałe. Długoletnie pracowite spostrzeżenia natarczywie narzucają myśl, że istnieje łączność pomiędzy okresami częstości plam na słońcu oraz okresami większego natężenia deszczów. Weźmy dla przykładu chociażby rok 1907. Czy tak uporczywie trwające deszcze w całej północnej Azji, Europie i Ameryce dadzą się objaśnić ziemskiemi przyczynami

ruchu wiatrów; czy nie narzuca się nam sama przez się myśl, że przyczyny szukać należy w zwiększonej działalności słońca, stwierdzonej bezsprzecznie? Jeżeli słońce zdolne jest oddziaływać na elektryczny stan naszej ziemi, to pod wpływem elektrycznych cichych wyładowań, lub pod wpływem wzmożonego obiegu elektryczności pomiędzy powierzchnią ziemi i wyższemi warstwami powietrza, musi być zwiększone parowanie na powierzchniach oceanów, i, co idzie za tem, częstsze opady atmosferyczne, częstsze burze i grady. Lasy i góry sprzyjają rozbrajaniu chmur i przyśpieszają je, tem się tłomaczy łatwość deszczów w miejscowościach lesistych i w górach.

Śnieg i grad. Gdy obłok deszczowy znajdzie się w warstwie zimnego powietrza, natenczas następuje zamarznięcie kropelek wody; w zimie powstaje stąd śnieg lub krupki a w lecie grad. W górach duże ilości spadłego śniegu tworzą *lawiny* na wierzchołkach oraz *lodowce* w przełęczach i zagłębieniach górskich. Lodowcem nazywa się wielka ilość śniegu, która pod działaniem wzajemnego ciśnienia i przymarzania zamieniła się na bryłę lodu. Łożysko lodowca jest otoczone ze wszystkich stron *morenami*; są to kupy kamieni, które pod wpływem lawin staczają się z gór ku lodowcom. Lodowce w swej dolnej części zwolna topnieją; to przyczynia się do postępowego ruchu całego lodowca.

Grad niezupełnie dojrzały zjawia się w postaci krup, całkowicie ukształcony ma wygląd kulek lodu, dochodzących czasem do $^1/_4$ kilograma wagi. Przyczyny powstawania gradu są pokryte tajemnicą; wiadomo tylko, że jest to zjawisko, mogące powstać w porze gorącej pod wpływem silnych działań elektrycznych, na wysokości, nie przewyższającej nigdy jednego kilometra.

§ 65. **Wody** (*Hydrosfera*). Głównymi zbiornikami wody są *oceany* i *morza*, podrzędnymi zaś wody lądowe pod postacią *jezior*, *źródeł* i *rzek*. Woda morska ma smak gorzko-słony z przyczyny domieszek. W 1000 częściach wody morskiej znajduje się 26,9 soli kuchennej, 3,3 chlorku magnezu, 2,2 siarczanu magnezu, 1,3 siarczanu wapowego czyli gipsu, 0,6 chlorku potasu i nareszcie 965,7 czystej wody oraz ślady innych rzadszych ciał. Skutkiem obecności wymienionych domieszek gęstość wody morskiej wynosi 1,03, jeżeli przyjąć gęstość wody rzecznej za 1. Nie wszystkie morza mają jednakowy stopień słoności, zawartość soli kuchennej średnio wypada $3^1/_2\%$; jednak w strefie gorącej z powodu silnego parowania zawartość soli bywa nie mniejsza od 4%; tymczasem w pasie umiarkowanym wody Atlantyku zawierają 3% soli, a morza zamknięte lądami mają jeszcze mniej soli, tak naprzykład morze

Bałtyckie posiada tylko 1% soli, nieco więcej soli ma morze Czarne.

Smak wody rzecznej jest obojętny czyli przaśny, to znaczy, że smak wody nie jest wcale słodki, ani słony, ani kwaśny lub gorzki. Wody lądowe nie zawierają wcale tych soli, jakie są zawsze w wodzie morskiej, natomiast posiadają w rozpuszczeniu wapień, kwas węglowy i mniejszą lub większą ilość domieszek organicznych wraz z nieodłącznym od tychże amoniakiem. Woda, uwolniona od tych wszystkich domieszek, ma smak trochę ściągający czyli alkaliczny. Pod wpływem ciepła słonecznego na powierzchni oceanu woda bezustannie paruje. Para wodna zbiera się w wyższych warstwach powietrza, tam zgęszcza się i skrapla, spadając na ziemię pod postacią opadów. Część wody wraca znowu do morza zapomocą źródeł i rzek, pewną część wiążą lody podbiegunowe, a reszta wsiąka w ziemię, przyczyniając się do krystalizacji warstw skalnych. Woda wsiąknięta w ziemię bywa zwracaną zapomocą wulkanów. Takiemi drogami odbywa się ustawiczne krążenie wód na ziemi. Największa głębokość oceanu istnieje w oceanie Spokojnym pod $30\frac{1}{2}^0$ szerok połudn., gdzie dochodzi do 9427 metrów, przewyższa więc najwyższy szczyt gór Himalajskich. Średnia głębokość oceaniczna wypada 3450 metrów, jeżeli jeszcze obliczymy powierzchnię wszystkich mórz i oceanów, to łatwo będzie stąd wywnioskować, że woda morska stanowi $\frac{1}{845}$ część objętości ziemi, z powodu zaś swego niewielkiego ciężaru właściwego woda stanowi tylko $\frac{1}{4540}$ część ciężaru całej ziemi. Duża stosunkowo objętość wody przyczynia się do tego, że stosunek powierzchni oceanów do lądów jest 2,8 : 1, czyli, że wody zajmują powierzchnię prawie 3 razy większą, aniżeli lądy. Barwa wody w dużych masach zazwyczaj bywa zielonkawa. Pod wpływem domieszek lub zawartości dna barwa ulega zmianom, może się stać czerwonawą od obecności wymoczków i polipów, zieloną od wodorostów oraz żółtą od iłu i piasku. Niebieska barwa wody jest tylko złudzeniem optycznem, powstającem przez odbicie sklepienia nieba. W okolicach podzwrotnikowych znanym jest piękny objaw fosforescencji morza, który występuje w nocy z powodu wielkiej ilości żyjątek morskich, obdarzonych własnością świecenia w okresie rozmnażania.

Znane własności fizyczne ciał płynnych ustanawiają prawo wzrostu ciśnienia w miarę głębokości wody. Liczne badania wykazały, że ciśnienie powiększa się o jedną atmosferę przy zagłę-

bieniu w wodę o 10 metrów (*atmosferą* nazywamy ciśnienie = 1033 gramów na 1 □ centymetr), tym sposobem średnie ciśnienie na dnie morza wynosi około 350 atmosfer. W takich głębinach organizmy, żyjące na powierzchni lub w warstwach górnych, nie mogą bezkarnie opuszczać się na dno. Temperatura oceanów i mórz jest rozmaita i na powierzchni ściśle zależy od strefy klimatycznej. Takim sposobem od 40° szerok. półn. do 40° szerok. połud. średnia temperatura wody na powierzchni wynosi 25° C. z malemi wahaniami, na głębokości 250 metrów jest już równą tylko 20° C. Pod biegunami temperatura wody na powierzchni bywa bliską 0°. Różnice pomiędzy najwyższą oraz najniższą temperaturą bywają 2° C. w strefie równikowej i 7° C. w strefach umiarkowanych. Temi niewielkiemi wahaniami średniej temperatury objaśnia się stałość i łagodność klimatów w okolicach morskich. Jeszcze więcej stałą bywa temperatura warstw głębokich we wszystkich oceanach. Tak naprzykład w oceanach podzwrotnikowych na głębokościach $6^3/_4$ kilometrów temperatura przez cały rok bywa bez zmiany + 2° C., na tych samych głębokościach w strefach umiarkowanych temperatura bywa stale + 3° C. lub + 4° C., zależnie od większej lub mniejszej głębokości. Pod biegunami temperatura wody na dnie morza bywa — 3° C., czyli tam woda znajduje się w stanie przestudzenia. Tak niskie temperatury na dnie wszystkich oceanów stanowią wielką trudność dla naukowego uzasadnienia tego nieoczekiwanego faktu, gdyż ziemia na takich samych głębokościach powinnaby mieć temperaturę nie mniejszą od + 100° C. Niektórzy uczeni niskie temperatury dna morskiego objaśniają zimnymi prądami w dolnych warstwach. W krainach podbiegunowych tworzą się na powierzchni ziemi rozległe pola lodowe i lodowce, które, narastając skutkiem spadania śniegu, zwolna posuwają się ku morzu. Morza polarne w czasie zimy zamarzają do głębokości kilkudziesięciu metrów; jeżeli zdarzy się, że lodowiec siłą wiatru zepchnięty zostaje na powierzchnię zamarzniętego morza, natenczas w czasie lata po pęknięciu lodów cała góra lodowcowa rusza wraz z lodem i płynie dalej na ocean. Zjawisko takiego ruchu lodowców morskich stale powtarza się corok w okolicach podbiegunowych i jest przyczyną tego, że bieguny ziemskie są dla człowieka niedostępne. Szczególniej biegun południowy z powodu dłuższej zimy przedstawia wielkie nagromadzenie lodowców na daleką przestrzeń od bieguna, tak że latem płynące lodowce dosięgają aż do 40° szerokości południowej, gdy tymczasem na północy lodowce mogą dopływać nie dalej, jak do 50° szerok. półn. Gdyby atmosfera

nie ulegała zaburzeniom, powierzchnia wody w oceanach byłaby gładką, jako płyn w równowadze statecznej. Wiatry, panujące nad powierzchnią mórz, wywołują fale i prądy. Fale powstają skutkiem niejednakowych ciśnień atmosferycznych w rozmaitych miejscach powierzchni. Wysokość fali zależy od większej lub mniejszej głębi morskiej, średnia wysokość fali bywa 12 metrów nierzadko jednak dochodzi do 21 metrów; długość fali 15 razy przewyższa wysokość. Jeżeli prądy wiatrów zbiegają się z dwu przeciwnych kierunków wówczas zbiegają się też i fale z przeciwnych stron, to wytwarza burze morskie, bardzo niebespieczne dla okrętów. Stałe wiatry podzwrotnikowe z konieczności muszą przyczyniać się do stałych prądów oceanicznych pod równikiem; to zjawisko potęguje się jeszcze przez obrót ziemi około osi oraz niejednakowe temperatury wody. Takim sposobem w oceanie Atlantyckim i Spokojnym zawsze są w jednym i tym samym kierunku od wschodu na zachód *prądy ekwatorjalne*. Te prądy w pobliżu lądów zmieniają swe kierunki i dają początek *prądom ciepłym*, z których główne wypadają wzdłuż wschodnich brzegów Ameryki i, począwszy od zatoki Meksykańskiej, skierowują swe ciepłe wody ku Ameryce północnej, a stąd od 45° szerok. półn. zwracają się ku zachodniej Europie, jako *Golfstrom*. Oprócz prądów ciepłych istnieją jeszcze *prądy polarne*, które wracają równowagę nadwerężoną skutkiem ubytku wód pod równikiem. Jeżeli prąd ciepły spotka się z polarnym, wówczas wytwarza się wir, jak to naprzykład ma miejsce u północno-zachodnich brzegów Skandynawji.

Wody lądowe są zbiornikami mniej stałymi, aniżeli morskie, albowiem powstają z opadów atmosferycznych. Znaczna część wody, wsiąkająca w głąb przez warstwy piaszczyste i wapienne, powraca na powierzchnię ziemi jako źródła, które, natrafiwszy na warstwy nieprzepuszczające wody, szukają wyjścia na powierzchnię ziemi. Druga część wody, która rozpuszcza się w głębokich pokładach skalnych, wraca na ziemię w czasie wybuchów wulkanicznych. Ta ścisła zależność wydajności źródeł a nawet i obfitości wybuchów wulkanów od opadów atmosferycznych jest wszędzie widoczna. W czasie lat mokrych źródła są dobrze zasilane wodą, przeciwnie w latach suchych niektóre źródła znikają. Wielkie opady atmosferyczne wytwarzają także po pewnym czasie potężne nagromadzanie pary podczas wybuchów wulkanicznych, brak opadów czyni te wybuchy mniej silnymi i groźnymi. W niektórych okolicach występują stałe źródła wulkaniczne, zawierające

wodę gorącą, są to, tak zwane, *gejzery*. Wody lądowe, zbierając się w większych ilościach, tworzą strumienie i rzeki, które przenoszą wodę do jezior lub mórz. Jeziora górskie, nazwane zwykle *alpejskiemi*, powstają z lodowców, i jeżeli jakiebądź pasma górskie nie mają dziś lodowców, a jednak bogate są w jeziora, to zawsze będzie świadkiem epok dawno minionych, gdy góry zawierały lodowce. Lodowce po stopnieniu wytworzyły liczne jeziora alpejskie, jak to mamy, naprzykład, w Karpatach i w Kordylierach. Stwierdzono także, że nietylko jeziora alpejskie, ale również i jeziora podgórskie czyli krawędziowe powstały niegdyś z lodowców, do takich między innemi należą liczne jeziora dokoła Alp. Co się tycze większych jezior lądowych, to tutaj przy utworzeniu się ich działały dwie przyczyny: 1) Zagłębienia i rozpadliny na powierzchni lądów wypełniły się wodą z opadów atmosferycznych i utworzyły jeziora; niekiedy nawet jezioro zasilane przez strumienie lub rzekę mogło dojść do większych rozmiarów. Wszystkie tego rodzaju jeziora zależne są od opadów i mogą utracać wodę lub zamieniać się na błota w czasie suszy. Do takich jezior należą liczne jeziora środkowej i zachodniej Azji i Afryki oraz jeziora Australji. 2) Inne jeziora są pozostałościami zatok morskich, które w minionych epokach geologicznych łączyły się z sąsiedniemi morzami. Do takich jezior należą: Kaspijskie, Aralskie i Bajkał w Azji, jezioro Tsad w Afryce, jezioro Garda, Wener, Wetter w Europie oraz wiele innych. Wybitną różnicą drugiego rodzaju jezior od pierwszych są szczątkowe zwierzęta morskie. Tak naprzykład, w jeziorze Kaspijskiem znajdują się foki i ryby morskie, w Bajkale są foki i liczne gatunki raczków morskich, takież raki znajdują się w jeziorach Garda, Wener i Wetter i t. p. Niektóre jeziora, jak naprzykład, Elton i morze Martwe zawierają 26% soli kuchennej.

Działania wody. Działania wody bywają trojakiego rodzaju: 1) mechaniczne, 2) fizyczne, 3) chemiczne.

Mechaniczne działania wody przyjmują ważny udział w budowie powierzchni ziemskiej. Woda jest czynnikiem pierwszorzędnym, ani najtwardsze skały, ani wysokie lądy i góry nie są zdolne powstrzymać niszczącego działania wody. Gdy tylko w skale utworzy się najdrobniejsza szczelina już taka skała bywa przeznaczona na zagładę. Woda dostaje się do szczelin i po zmarznięciu na mrozie wywołuje dalsze pęknięcia, aż nareszcie pewien odłam skały odpadnie. Przyczyną takiego rozsadzania skał jest ta własność wody, że lód skutkiem swej osobliwej postaci krystalicznej

zajmuje objętość większą, aniżeli woda w stanie płynnym. Drugą mechaniczną czynnością wody jest rozpuszczanie i wypłukiwanie. Woda, spdadając na powierzchnię skał rozpuszcza niektóre części składowe, szczególniej wapień; tym sposobem skała, utracając niektóre swe cząstki, ulega wietrzeniu i rozsypuje się na proszek. W dalszym ciągu procesu niszczącego woda spłukuje części sproszkowane i unosi znacznie dalej od miejsca pierwotnego. Ta działalność nazywa się *erozją*. Woda w rzekach przenosi duże ilości piasków i mułu na daleką odległość, te osady w końcu dostają się do samego ujścia, gdzie tworzą delty i wyspy. Oprócz tego dodatniego działania rzek bywa inne ujemne, gdy woda rzeki podmywa brzeg i obrywa całe kawały ziemi; ta czynność wody bieżącej przyczynia się do zmiany łożyska rzeki w niektórych miejscach. Podobne podmywanie ziemi, dokonywane przez potoki górskie, wyżłabia doliny pomiędzy górami. Fale morskie wywierają działalność jeszcze potężniejszą; rozmywają i zrywają brzegi na coraz większych przestrzeniach i pochłaniają zwolna wszystkie niziny nadmorskie, dopóki pasmo gór nie utworzy tamy na pewien dłuższy czas. Lecz i góry mogą odpierać fale morskie tylko przez pewien okres czasu, po upływie którego woda wstępuje w swe prawa niepodzielnego panowania nad lądem. Fizyczne działania wody polegają na jej ważnych własnościach, do których należy bardzo mała kurczliwość, a stąd prawie jednostajna gęstość wszędzie, tak w morskich głębinach jak i w jeziorach i rzekach. Istotnie, pomimo, że ciśnienie w głębiach morskich wynosi średnio 400 atmosfer, woda staje się na dnie nie o wiele gęstszą, aniżeli na powierzchni. Ten ważny fakt umożebnia istnienie prądów. Drugą ważną własnością jest większa rozszerzalność lodu w porównaniu z wodą, z tego powodu woda osiąga *maksimum* gęstość przy 4° C. Ta własność powoduje pływanie lodów po powierzchni wody. Lody płynące zdolne są zniszczyć wszystko spotykane na drodze, mogą przenosić całe moreny, jako osypiska skalne, które po stopieniu lodu tworzą zwały i piargi. Trzecią własnością fizyczną wody jest rozpuszczalność. Woda może rozpuszczać powietrze, kwas węglowy, wapień oraz rozmaite sole mineralne. Ta własność potęguje się w miarę wzrostu ciśnienia i temperatury, a więc żywiej i wyraźniej występuje w podziemnych żyłach wody, dając tym początek źródłom mineralnym. W takich źródłach znajdujemy rozpuszczoną sól kuchenną, węglan sodu i wapnia, siarczany sodu, żelaza, potasu, magnezu i t. p. Chemiczne działanie wody polega na jej powinowactwie z wieloma ciałami.

Bez związku chemicznego wody nie byłoby w przyrodzie kryształów soli, kryształów tlenków glinu, magnezu i krzemu. Istotnie, wiemy, że dopiero ścisłe przyłączenie cząsteczek wody daje postać krystaliczną, bez udziału zaś wody w większości wypadków nie mogłoby być postaci krystalicznej. Tedy woda skutkiem wymienionej własności chemicznej odgrywa bardzo ważną rolę w przyrodzie, dając trwałe związki skorupy ziemskiej.

§ 66. **Lądy** *(Litosfera)*, Lądy zajmują tylko około $^1/_4$ części całej powierzchni ziemskiej i dzielą się na cztery większe przestrzenie. Jeden wspólny ląd stanowią Europa, Azja i Afryka, drugi ląd — Ameryka, trzeci Australia i nakoniec czwarty rozległy ląd znajduje się dokoła bieguna południowego i jest ciągle pokryty grubą powłoką lodów. Gdy rozejrzymy się po powierzchni kuli ziemskiej, zauważymy fakt bardzo wybitny, że większa część lądów zebrała się na półkuli północnej, gdy tymczasem większa część oceanów jest w półkuli południowej. Zastanowimy się nieco dłużej nad tem zjawiskiem, ażeby wytłomaczyć przyczyny. Gdyby ziemia była bryłą martwą bez ruchu, wówczas składała by się ona z warstw spółśrodkowych, których gęstość byłaby coraz większa, w miarę zbliżania się ku środkowi, a więc cała powierzchnia ziemi byłaby pokryta warstwą wody jednakowej grubości. Gdyby ziemia była martwą wewnątrz, lecz podległa ruchowi wirowemu dokoła osi, to według praw siły odśrodkowej musiałby się utworzyć pas lądów dokoła równika, a wody zebrałyby się bliżej biegunnów. Ani jednego, ani drugiego nie spotykamy na ziemi w takim stanie, jak to opisano wyżej. To służy nam za dowód, że ziemia nie jest bryłą wewnątrz martwą, lecz że jest tam bardzo ożywiona działalność. Pamiętajmy jednak zawsze o tem, że naturalnem dążeniem każdego lądu będzie zajmowanie niższego poziomu w porównaniu z wodą znajdującą się na powierzchni kuli ziemskiej. To prawidłowe umieszczenie twardych części skorupy niżej poziomu wody występuje wszędzie na dnie oceanów; gdzie zaś widzimy ląd, tam musi być jakaś przyczyna głębsza, zezwalająca na wyższe umieszczenie poziomu lądu. Niejednokrotnie wspominaliśmy już o tem, że z przyczyn astronomicznych obecnie zima o ośm dni trwa dłużej na półkuli południowej, aniżeli na półkuli północnej. Wielki ląd przybiegunowy obciążony jest skutkiem tego ogromną ilością lodów. Bryły lodowe ściągnęły środek ciężkości ziemi więcej ku południowi, wszystkie zaś masy wodne przelały się bardziej na półkulę południową, tworząc tam wielkie i zarazem najgłębsze oceany. Dlaczego nie

lądy skierowały się na półkulę południową, a tylko wody? Przyczyna tego jest bardzo prosta i leży w daleko większej ruchliwości płynów w porównaniu z bezwładnemi masami lądowemi. Jedne fakty pociągają zaraz za sobą cały szereg innych przyczynowo związanych z pierwszymi. Oto największa głębokość oceanów południowych, dochodząca, jak widzieliśmy do 9400 metrów pod $30\frac{1}{2}^0$ szer. polud. musi pociągać za sobą znaczniejsze wypiętrzanie lądów na północy. W rzeczy samej, największe głębokości w północnej części oceanu Spokojnego występują pod 45^0 szerok. półn. i równają się 8500 metrów; w Atlantyku głębokości są mniejsze. Widzimy z tego, że podczas gdy dno południowej części oceanu doznaje ciśnienia = 940 atmosfer (około) na każdą jednostkę powierzchni, to w tym samym czasie północne okolice oceanu mają dno pod ciśnieniem = 850 atmosfer na jednostkę powierzchni. Prawa fizyczne wobec plastyczności dna morskiego nie pozwalały na równowagę w opisanych wyżej warunkach aż dotąd, dopóki nie nastąpiło wyrównanie. Dno napierane bardziej na południe dążyło stale do wypiętrzania w kierunkach mniejszego oporu. Zgodzić się więc musimy, że ta sama przyczyna, która ściągnęła oceany bardziej ku południowi, musiała wywołać podnoszenie lądów na półkuli północnej. Bezpośrednim dowodem istnienia nierównomiernych ciśnień na dno jest wypiętrzanie łańcuchów gór równolegle do brzegów morskich. Widzimy ten objaw w pasmie Andów i Kordyljerów, w pasmie gór Kamczackich, Stanowych, Chinganu, Indo-chińskich i t. p. Odgadliśmy tutaj tylko jedną z przyczyn; nie należy bynajmniej przypuszczać, że oprócz tej inne przyczyny nie działają. Wewnątrz ziemi obecne są jeszcze nie drzemiące nigdy siły wulkaniczne, jako drugi czynnik, dźwigający lądy i góry ponad powierzchnię mórz. To, co dziś widzimy na powierzchni kuli ziemskiej, nie może być wiecznie trwałem. Jedne lądy wciąż zapadają się, inne wznoszą się. Za 10400 lat oś wielka orbity ziemskiej zmieni swe położenie na odwrotne względem stanu dzisiejszego, tedy te same stosunki fizyczne, jakie dziś panują na półkuli południowej, staną się udziałem półkuli północnej. Obciążenie lodami nastąpi na północy, środek ciężkości przeniesie się bardziej ku północy, a za nim podążą i wody. Rozmywanie lądów północnych i napieranie na dno będzie przyczyną większego wystąpienia lądów na półkuli południowej.

Proces znikania lądów północnych będzie trwał długo, zapewne nie krócej jak cztery tysiące lat; jest to jednak nieunikn͏io-

nem. Już i dzisiaj morze zwolna dopomina się o swe prawa. Wiele drobnych wysp na północy Niemiec już zupełnie zniknęło, wyspa Helgoland, wyspy Wielkiej Brytanji uszczuplane są z każdym niemal rokiem. Morze zabiera coraz większą część brzegów Grenlandji, Niemiec, Holandji, Dalmacji i Francji. Rzecz niewątpliwa, że znikanie jednych lądów, a występowanie innych dzieje się nie poraz pierwszy na powierzchni kuli ziemskiej. Wiadomo, że większa część lądów Europy i Azji północnej była już niegdyś dnem morskiem. Natomiast, archipelag Sundzki razem z Australją tworzył ląd wielki, który dziś jest pod wodą. Z powodu odsunięcia środka ciężkości ku półkuli południowej i zebrania się tam wielkiej ilości wód, bryła ziemska najbardziej odstępuje od kształtu kuli w swej części południowej. Zgrubienie podrównikowe większem być musi na południu od równika. Poziom wód w półkuli południowej wyższym jest aniżeli w północnej. Wysokość lądów w każdej części świata odnosi się do poziomu sąsiednich mórz. Tak więc w Europie odnoszą pomiary niwelacyjne do punktu zerowego przy brzegach morza Bałtyckiego, w Ameryce punkt zerowy znajduje się w zatoce Meksykańskiej i drugi w południowych brzegach oceanu Atlantyckiego, w Azji na brzegach oceanu Spokojnego i t. d. Bezpośrednie pomiary niwelacyjne nie doprowadzają nigdy do wzajemnego porównania wszystkich punktów zerowych na powierzchni ziemi. Trudności są w tem wielkie, lecz można byłoby je pokonać, gdyby umówiono się wszędzie brać jeden i ten sam *poziom matematyczny*, zamiast liczenia od rozmaitych punktów zerowych. Jakie niespodzianki mogą być skutkiem niejednakowego liczenia poziomów, dowodem tego posłużyć może fakt, który miał miejsce przy kopaniu kanału Suezkiego. Dwie kompanje dobrze wyszkolonych inżynierów francuskich prowadziły pomiary niwelacyjne; jedna partja rozpoczęła od morza Śródziemnego, a druga od morza Czerwonego. Gdy obie partje zeszły się już pośrodku międzymorza, spostrzegły, że różnica poziomów dwu mórz wynosi 10 metrów. Obawiano się katastrofy przy przekopaniu kanału. Ażeby roztrzygnąć wątpliwości, inżynierowie powstrzymali roboty i zwrócili się do jednego z wybitnych uczonych z prośbą o objaśnienie. Okazało się, że obawy były płonne, gdyż różnica poziomów nie mogła dochodzić nawet do wielkości metra, a otrzymana zbyt duża liczba dowodziła tylko omyłek w pomiarach. Istotnie, wody obydwu mórz po przekopaniu kanału połączyły się bez żadnych katastrof.

Nagromadzenie gór lodowych przy biegunie południowym musi

być przyczyną nierównomiernego podziału ciepła pomiędzy półkulą północną i południową. To teoretyczne przypuszczenie potwierdza się dokładnie bezpośredniemi spostrzeżeniami, nad któremi pracowało wielu meteorologów w przeciągu długich lat. Juljusz Hann, zebrawszy cały materjał spostrzegawczy za cały szereg lat, ogłosił w swem dziele *„Lehrbuch der Meteorologie"* następujące dane, jako średnie temperatury dla dwu półkul ziemskich:

	Styczeń	Lipiec	Temp. roczna
Półkula południ. . .	17,3°	10,3°	13,6°
Półkula północn. .	8°	22,5°	15,2°

Widocznem jest, że temperatura roczna w półkuli północnej jest o 1,6° wyższa, aniżeli w półkuli południowej, która jest obecnie znacznie zimniejsza. Jest to ostateczny wynik natury fizycznej, spowodowany przyczynami astronomicznemi. Widzimy, jak doniosłe ma znaczenie drobny na pozór fakt takiego lub innego położenia linji absydów. Zmiany w tem położeniu wielkiej osi wpływają nie tylko na fizyczny stan powierzchni ziemskiej, lecz przez takie lub inne rozmieszczenie lądów wywierają wpływ na losy narodów i państw.

Budowa lądów. Podłożem, na którem opierają się lądy, są masy skalne, jako zasadnicze twory zewnętrznej powłoki ziemskiej. Do tych pokładów skalnych należą: w jednych miejscowościach *granit*, którego ciężar właściwy 2,75, w innych *piaskowiec* (cięż wł. = 2,45), w innych *wapień* (cięż. wł. = 2,65), jeszcze w innych zdarzają się pokłady *kwarcu* (cięż. wł. = 2,66) lub *krzemienia* (cięż. wł. = 2,6). W okolicach wulkanów pokłady stałe tworzą się z *porfirów* i *bazaltów* (cięż. wł. = 3), a na wyspach oceanicznych zdarzają się dość często pokłady natury organicznej, jako *skały koralowe.* Widzimy z tego, że za wyjątkiem bazaltów, które pochodzą z bardzo głębokich warstw, wszystkie inne pokłady zewnętrznej skorupy ziemskiej mają ciężar właściwy nieco większy od $2^1/_2$. Na pokładach skalnych rozpościerają się dopiero warstwy napływowe pod postacią gliny, mułu, piasku i nakoniec idzie warstwa rodzajna *próchnicy,* która jest przeważnie pochodzenia organicznego, jako szczątki roślin i zwierząt, zamieszkujących ziemię. Próchnica zawiera sole fosforowe i azotowe, wytwory rozpadu ciał organicznych. Zewnętrzne pokłady ziemi mają tem-

peraturę bliską tej, którą posiada otaczające zewnątrz powietrze, lecz w miarę zagłębiania temperatura staje się coraz mniej zależną od zewnętrznej i na pewnych głębokościach jest już zupełnie stałą przez cały rok. Zapomocą głębokich wierceń ustalono, że przy opuszczaniu się w ziemię średnio na $39^1/_2$ metrów temperatura wzrasta o 1^0 C. Badania prowadzono tylko do granicy 2 kilom. wgłąb i niewiadomo jeszcze, czy przy większych głębokościach będzie miał miejsce taki sam stały przyrost temperatury. Prawdopodobnem jest, że wyżej wymieniony *stopień geotermiczny* ulega zmianom na wielkich głębokościach; jeżeli jednak przypuścić, że zmiany te są nie wielkie, to na drodze rachunku dojdziemy, że w środku ziemi temperatura wynosi około 20000^0 C., przy ciśnieniu 3 milionów atmosfer. Wobec tak wielkiego ciśnienia nie możemy utrzymywać, że jądro ziemi jest w stanie ognisto płynnym. Więcej faktów przemawia za tem, że jądro jest stałem w stanie wielkiego rozżarzenia; w warstwach bliższych powierzchni zawartość jądra staje się ciągłą i lepką, jak smoła. Ta lepka masa nazywa się *magmą* i przechodzi w stan płynny dopiero wówczas, gdy skutkiem pęknięcia lub otworu wulkanicznego ciśnienie zewnętrzne staje się mniejszem. Ożywiona działalność w wnętrzach ziemi jest przyczyną osuwań się, zapadań lub wznoszeń całych pokładów skalnych, jako wyraz tych zmian może być zapadanie lub podnoszenie się lądów. Istotnie, w wielu miejscowościach stwierdzono podwyższanie się poziomu lądu na dużej przestrzeni. Tak naprzykład, szwedzkie wybrzeże całej zatoki Botnickiej podnosi się o 1 metr w ciągu stulecia, podobne podnoszenie ujawnia także północno wschodni brzeg Syberji.

Lepka magma zaczyna się dopiero na głębokościach nie mniejszych od 800 kilom. Do tych granic rozpościera się twarda skorupa ziemi, do tych także granic sięgają wulkany. Gdy wulkan otworzy swobodne ujście dla magmy, wówczas przechodzi ona w stan płynny, pochłaniając tem wielkie ilości ciepła; to pochłanianie ciepła sprzyja szybkiej krystalizacji sąsiednich mas, co po pewnym czasie tamuje nadmierny wylew magmy nazewnątrz. Utworzenie się nowych pokładów krystalicznych w głębokich okolicach działalności wulkanów wnosi pewne zaburzenia w układzie dawniejszych warstw i zmusza je do wypiętrzania. Zjawiska opisane stanowią główną istotę podziemnych sił wulkanicznych i procesów górotwórczych. Do tego dołącza się jeszcze utrata wody skutkiem wybuchów wulkanicznych i powolne kurczenie całej wewnętrznej zawartości kuli ziemskiej.

§ 67. **Okres lodowy.** Niektórzy uczeni dla objaśnienia okresu lodowego, którego wyraźne ślady odnajdują się w wielu miejscach półkuli północnej, przypuszczali istnienie pewnych warunków, równoznacznych nieomal z kataklizmem. Droga ta jest błędną. Przyczyny, które wytworzyły na powierzchni ziemi epokę lodową, muszą działać i dzisiaj, tylko z mniejszym natężeniem. Widzieliśmy, że średnia temperatura roczna półkuli południowej jest dzisiaj o 1,6° C. niższa, aniżeli na półkuli północnej; skutkiem tego lodowce podbiegunowe podpływają aż do 40° szerok. południowej. Gdyby w pobliżu bieguna było więcej lądów, a linje brzegowe tworzyły liczne zatoki, to lodowce mogłyby być dłużej więzione w takich zatokach i klimat półkuli południowej obniżyłby się jeszcze bardziej. Mielibyśmy prawdziwy okres lodowy na półkuli południowej. Nietrudno będzie znaleźć przyczyny astronomiczne prawdziwych epok lodowcowych. Wiemy, że mimośród orbity ziemskiej zmienia się i chociaż dzisiaj równa się 0,016, to jednak w dawniejszych epokach był on równy 0,025; oprócz tego wiadomo, że w okresie 10400 lat położenie linji absydów zmienia się także. Przy odwrotnem położeniu osi wielkiej w porównaniu z dzisiejszem, oraz przy większej wartości mimośrodu, zima na półkuli północnej trwała o $11^1/_2$ dni dłużej, aniżeli w południowej. Lody w wielkiej ilości nagromadzały się u bieguna północnego. Dalej jeszcze wiemy, że skutkiem zmiany położenia środka ciężkości ziemi wielkie oceany były zebrane na półkuli północnej, lądów tam było znacznie mniej. Skandynawja była wyspą, morze Bałtyckie zalewało większą część dzisiejszej Rosji, Polski i Niemiec i, dochodząc do Karpat, tworzyło tutaj obszerną zatokę morską. Morze Czarne łączyło się z Kaspijskiem. Lody od bieguna północnego podpływały aż do 30° szer. półn. Ponieważ dzisiejszy półwysep Kolski był pod wodą, więc wody oceanu północnego za prądem polarnym dążyły wprost do teraźniejszej zatoki Botnickiej. Lodowce zatrzymywały się po drodze we wszystkich zatokach i nagromadzały się w zatoce Karpackiej. Klimat całej półkuli północnej musiał uledz silnemu oziębieniu. Powstały wielkie lodowce w górach Karpackich, Germańskich i w Alpach i w ruchu postępowym mogły rozpełnąć się szeroko po lądach. Mamy tutaj opis prawdziwej epoki lodowej w półkuli północnej, wynikający tylko z koniecznych, niewzruszonych praw i przyczyn astronomicznych. Nie potrzebujemy bynajmniej przypuszczać żadnych swoistych warunków, wyjątkowo obecnych w okresie lodowym. Ostatnia epoka lodowa nie mogła żadną miarą trwać dłużej,

jak około 10000 lat i gdy oś absydów odwróciła się, a mimośród stał się mniejszym, wówczas oceany i lody przeniosły się na półkulę południową. Na północy ukazały się lądy, morze Kaspijskie odłączyło się od Czarnego; hordy Arjów mogły przejść suchą nogą z Azji do Europy. Prawdopodobnem jest, że okresy lodowe powtarzają się perjodycznie, nie zawsze jednak mogą dojść do jednakowego natężenia swej działalności, gdyż, jak widzieliśmy, potrzeba, ażeby okres odwracania się linji absydów zbiegał się z okresem powiększenia mimośrodu; tymczasem pierwszy przedział czasu wynosi 10400 lat, a drugi 50000 lat. Stąd epoki lodowe o większem natężeniu powtarzają się w okresie czasu równym prawie 50000 lat i mogą trwać tylko około 10000 lat, przyczem okres największego zimna nie przewyższa 4000 lat. Okresy zimna na półkuli północnej przypadają jednocześnie z okresami największego gorąca półkuli połudn.

§ 68. **Góry i wulkany.** Góry są to wyniosłości, które wypiętrzają z wnętrza ziemi pod wpływem sił górotwórczych, polegających głównie na kurczeniu się jądra ziemi. Ten proces daje się zauważyć niekiedy na samej powierzchni ziemi, gdy warstwy zupełnie poziome podlegają fałdowaniu i wyginają się w postaci siodeł. Takie fałdy mogą dosięgać wymiarów bardzo wielkich, niekiedy na kilkadziesiąt kilometrów rozciągłości, czasem znowu są bardzo drobne. Plastyczność skał w jednych miejscach tworzy fałdy gładkie, w innych zaś miejscach skały więcej kruche nie wytrzymują wygięcia, pękają i tworzą bardzo dzikie zręby i zwały, niekiedy do góry wywrócone. Nie ma gór, wśród których nie możnaby było zauważyć podobnych procesów; najwidoczniej występują wszelkiego rodzaju fałdowania w Alpach, w górach Czeskich, Jurajskich, w Himalajach i Kordylierach. Z powodu bardzo powolnego wypiętrzania łańcuchów górskich w długich okresach czasu spotkać możemy w górach fałdy i masy skalne o rozmaitej budowie wewnętrznej, stosownie do wieku. Tak naprzykład najbardziej wysunięte na północ fałdy Alp zbudowane są wszędzie jednakowo, składają się z glin mioceńskich, z piaskowców i zlepieńców. Gdy przejdziemy ten pierwszy pas górski i postąpimy dalej, znajdziemy po za piaskowcami grube i wyższe fałdy oraz warstwy łupków i piaskowców eoceńskich i kredowych. Jeszcze dalej napotykamy coraz wyższe fałdy wapienne i krystaliczne, pochodzące już z warstw względnie najgłębszych. Tak posuwając się zwolna od jednej strefy do drugiej, możemy w przybliżeniu oznaczyć wiek każdej z nich oraz ich geologiczne pocho-

dzenie. Rzecz jasna, że opisane wyżej wypiętrzanie pokładów skalnych z wnętrza ziemi musi jednocześnie powodować mniejsze lub większe zapadnięcia i kotliny w okolicach sąsiednich. Jeżeli taka kotlina będzie stanowić część dna morskiego, to tutaj znajdziemy największe głębokości, jak to naprzykład spotykamy przy zachodnich wybrzeżach Ameryki na oceanie Spokojnym. Jeżeli zaś zapadnięcie nie zejdzie się z dnem morskiem, wówczas ujrzymy w sąsiedztwie gór dość rozległe niziny lub szerokie wąwozy i uskoki. Tak naprzykład spotykamy wybitną kotlinę wzdłuż całego biegu rzeki Dunaju i na południowej stronie Alp nizinę Lombardzką, tak samo widzimy dość głębokie zapadnięcie jako szczelinę, po której ciągnie się łożysko Renu i t. p. Góry, powstałe w okresach względnie nie dawnych, są znacznie wyższe od gór starych formacyj. Do młodych gór należą Alpy, Pinereje, góry Kaukaskie i Kordyljery. Góry, starsze wiekiem, z jednej strony muszą podlegać pewnej dążności do osiadania jako masy ciężkie, z drugiej zaś strony erozja, czyli wypłukiwanie i niszczące działanie wody zmniejsza objętość i wysokość gór. Do takich gór, bardzo starych, należą góry Uralskie, są one zarazem bardzo bogate w kruszce i rzadkie mineraly z przyczyny tego, że dźwignięte zostały z najstarszych pokładów ziemi. Do gór dawniejszego pochodzenia należą także góry Karpackie, Germańskie i Francuskie.

Ściśle związane z powstawaniem gór są objawy wulkanizmu oraz trzęsienia ziemi, do których teraz przejdziemy.

Wulkany. Wulkanami nazywamy góry, mające postać stożka, wewnątrz którego jest lejkowaty otwór czyli *krater.* Z krateru głównego lub z otworów bocznych wycieka od czasu do czasu ognisto-płynna lawa. Mamy na powierzchni ziemi 320 wulkanów, dzisiaj czynnych, 35 słabo działających pod wodą oraz 400 wygasłych; wszystkie czynne wulkany znajdują się zawsze w sąsiedztwie morza, natomiast wygasłe mogły z upływem czasu znacznie odsunąć się od brzegu morskiego. Cały stożek wulkaniczny jest tworem powstałym tylko przez usypanie popiołów i wyciek lawy, stygnącej bardzo szybko; sam wulkan może powstać nagle na miejscu zupełnie równem, a budowanie stożka rozpoczyna się zaraz od pierwszego wybuchu. Stożek ten często bywa od góry zrywany, lecz potem następne wybuchy nadbudowują go znowu, bardzo często do znacznej wysokości. Lawa jest ciągłą gęstą masą, zawierającą w sobie roztopione skały z domieszką żelaza, sody, siarki i słonej pary wodnej, która od czasu do czasu po za-

stygnięciu lawy gwałtownie wyrywa się nazewnątrz, tworząc *fumarole*. Oprócz lawy wulkan wyrzuca bryły kamienne, porywane z warstw bliższych powierzchni, oraz popiół wulkaniczny razem z wielką ilością pary wodnej. Woda, buchająca z wulkanu, tworzy potoki, niemniej groźne od potoków lawy. Jakkolwiek główny stożek wulkanu powstaje na drodze usypania, to jednak zaprzeczać nie można, że tak dawniejsze opisy jak i nowsze, więcej wiarogodne, wspominają dość często, że przed powstaniem krateru powierzchnia ziemi na dość znacznej przestrzeni wypiętrza się w górę. Stąd można wywnioskować, że i zjawisko wypiętrzania nie jest rzadkiem i obojętnem w procesach wulkanicznych i wulkanom przypisać musimy duże znaczenie w budowie skorupy ziemskiej, przez podnoszenie lądów i wysp wulkanicznych oraz wyrzucanie lawy z głębin ziemi. Sąsiedztwo wulkanów z morzem jest tak uderzające, że z wszystkiej ich liczby $^3/_4$ części rozsiadło się gęsto dokoła oceanu Spokojnego, tworząc *pierścień wulkaniczny*. Z pozostałych wulkanów wiele widzimy na wyspach: jako to na Islandji, Liparskich, Teneryf, Sundzkich, Nowej Zelandji, Sandwich i t. p. Jeden tylko wulkan wygasły znajduje się w łańcuchu gór Tjan-Szań dość daleko od morza, lecz za to jest on w pobliżu jezior, które kiedyś prawdopodobnie były morzem. Tak więc łączność wulkanów z morzami nie da się zaprzeczyć. Po bliższem zbadaniu warunków, w jakich powstały wulkany pierścienia oceanu Spokojnego, stało się jasnem, że ukazywaniu się wulkanów przedewszystkiem sprzyjają szczeliny i pęknięcia skorupy ziemskiej. Wszędzie, gdzie tylko widzimy szereg wulkanów, tam udaje się zawsze oznaczyć w pobliżu bieg głębokiej szczeliny w powłoce ziemi. Powstanie zapadnięcia skorupy, które później wypełnia woda, jest przyczyną utworzenia szeregu wulkanów. Takie pęknięcia musiały dawniej sięgać aż do warstw magmy, w niektórych swych częściach zasklepiły się one zupełnie, pozostały jednak liczne kratery, jako łączniki powierzchni ziemskiej z temi warstwami w głębinach, gdzie stale jest obecna ciastowata magma. Nie możemy jednak twierdzić, że wybuch byłby możebny bez udziału wody. Zdaje się, że głównie para wodna, dostając się do pokładów magmy, zdolna jest wywołać wszystkie objawy czynnego wulkanizmu. Tam gdzie woda nie może już przesączać się do warstw głębokich, tam działalność wulkanu coraz bardziej słabnie i zamiera. Wulkan wygasły wkrótce poddaje się niszczącemu działaniu wody, w kraterze tworzy się jezioro z wody deszczowej, boczne ściany podlegają erozji i zapadają się. Nareszcie, z biegiem

czasu zamiast krateru ujrzymy kopułę, w niczem nie przypominającą dawnego stożka. Trzeba dopiero uważnego rozpatrzenia warstw sąsiadujących z kopułą, ażeby wyśledzić potoki lawy, pokłady trachitów i bazaltów. Z upływem wieków i kopuła znika, pozostają już tylko pokłady lakkolitowe, jako bochenkowate masy trachitu. Opisane objawy występują wyraźnie jeszcze tam, gdzie już śladów pierwotnego krateru nie ma, jak to naprzykład widzimy w południowej części Karpat, w których był znaczny wulkan w epoce, gdy istniała wielka zatoka Karpacka. Wulkany mieszczą się przeważnie na lądach, lecz nie należy przypuszczać, ażeby dno oceanu było wolne od objawów wulkanizmu. Ocean Atlantycki ma na swym dnie 3 wulkany, Indyjski 5, a ocean Spokojny ma ich 26. Wulkany podwodne działają słabiej i okazują się nazewnątrz tylko przez wybuch pary i gazów lub wrzenie wody na powierzchni morza. Ląd europejski ma dzisiaj tylko jeden wulkan *Wezuwiusz*, w południowej części półwyspu Apenińskiego. Wezuwiusz w czasach starożytnych nie działał, dopiero od 63 roku po Chr. zaczęły ukazywać się w pobliżu częste trzęsienia ziemi jako zwiastuny tego, że wulkan odżył. W roku 79 nastąpił nadzwyczaj gwałtowny wybuch, w czasie którego ogromne masy popiołu zasypały dwa miasta Pompeję i Herkulanum. Na lądach Azji jest bardzo wiele wulkanów: na Kamczatce, na wyspach Japońskich i na archipelagu Sundzkim. W pobliżu Jawy na niewielkiej wyspie mieści się sławny wulkan *Krakatau*, którego wybuch w r. 1883 przeszedł swą grozą wiele innych. Wybuch tego wulkanu nastąpił skutkiem nagłego wtargnięcia wody morskiej; natychmiast wytworzyła się tak wielka ilość pary, że sam stożek wulkanu został rozerwany na cząstki, a popioły stąd powstałe wyrzucane były na 50 kilometrów w górę. Z wulkanów amerykańskich najbardziej wsławił się *mont Pelé* (łysy) na Martynice, który do roku 1902 był uważany za wygasły. Nagle w końcu Kwietnia 1902 r. *mont Pelé* zbudził się, wydając groźne dudnienie i wyrzucając obłoki dymu. Mieszkańcy sąsiedniego miasta *Saint Pierre* bardzo zaniepokoili się, nikt jednak nie uciekał; tymczasem w dniu 8 Maja wulkan wyrzucił ogromną ilość ciężkiego rozpalonego gazu, który zakrył miasto. Z 30 tysięcy mieszkańców jeden tylko pozostał przy życiu, reszta w ciągu kilku minut postradała życie. Wybuch tego wulkanu wyróżniał się tem od innych, że zamiast lawy, której wcale nie było, nastąpił wypływ dwutlenku węglowego i siarkowodoru w niepomiernych ilościach. Wspomnieć jeszcze musimy w końcu o wulkanach błotnych czyli *solfatarach*.

Są to małe stożki, które pod wpływem gazów węglowodorowych i siarkowodoru wyrzucają z głębszych warstw błoto i gorącą wodę słoną. Należą one do łagodniejszych postaci wulkanizmu i, być może, są początkiem tworzenia się prawdziwego wulkanu. Wiele takich *solfatar* znajduje się na wyspach: Jawie, Celebesie i Sycylji, oraz na Kaukazie.

§ 69. **Trzęsienia ziemi.** Trzęsieniem ziemi nazywamy mniejsze lub większe drżenia skorupy ziemskiej na dużych przestrzeniach powierzchni. Niekiedy częste drżenia jedno za drugiem posuwają się, jak fala po powierzchni wody; innym razem odczuwa się jedno nagłe uderzenie podziemne, jak grzmot niespodziewany, a za nim idą słabsze wstrząśnienia. Trzęsienia ziemi wywołują poważne zmiany na powierzchni, czasem powstają nawet głębokie pęknięcia, w które wpadają domy, ludzie i zwierzęta. W każdym razie trzęsienia ziemi przedstawiają dla człowieka zjawiska groźne. Nie można zaprzeczać, że niekiedy objawy trzęsień łączą się z zjawiskami wulkanizmu, wcale nie przypadkowo. W wielu miejscach wybuch wulkanu bywa poprzedzany szeregiem wstrząśnień, które dowodzą, że jakieś poważne zmiany zachodzą w warstwach skalnych, sąsiadujących z wulkanem i poprzedzają wybuch. Bardzo prawdopodobnem jest, że twarde krystaliczne pokłady osuwają się wzajemnie i ślizgają pod wpływem napierania pary, która gdzieś głęboko ma swój zbiornik. Są to trzęsienia *wybuchowe*. Niektórzy geolodzy widzą w tych wzajemnych przemieszczeniach warstw krystalicznych wyłącznie tylko objaw stygnięcia i kurczenia się wewnętrznej zawartości bryły ziemskiej. Istotnie przyznać trzeba, że w wielu razach trzęsienie ziemi powstaje daleko od wulkanów i, jak się zdaje, nie ma żadnej łączności z wulkanizmem, a jest tylko objawem stygnięcia, jako wynik powolnego dźwigania i wypierania z wnętrza ziemi nowych pokładów skalnych. Tak więc przyczyny trzęsień ziemi bywają wielorakie; w jednych miejscach łączą się one ściśle z wulkanizmem, w innych zaś żadnego związku z wulkanami nie okazują. Podobnie jak w warstwach płytkich niedaleko od powierzchni spotykamy wielkie pieczary, tak samo i w wielkich głębinach ziemskich pod wpływem ługowania przez wody muszą wytwarzać się jamy i pieczary. Woda, przesączając się przez górne pokłady, dostaje się powoli do podziemnej pieczary i może sprowadzić nagłe zapadnięcie się całego sklepienia; wówczas cała część powierzchni nad jamą drgnie silnie i wytworzy objaw nagłego uderzenia od dołu ku górze. Będzie to *trzęsienie stożkowe* albo *zwaliskowe*. W innych

warunkach może powstać trzęsienie ziemi, jeżeli jakiś pokład wewnętrzny zaczyna wypiętrzać się w górę, nareszcie, nie wytrzymując wygięcia, łamie się. Po przełamaniu powstaje silne zaburzenie, jedne pokłady walą się na drugie, oślizgują się wzajemnie, dopóki nie nastąpi równowaga. Objawem takich przesunięć wewnętrznych będzie falisty ruch powierzchni ziemskiej jako *faliste trzęsienie* ziemi. Jeszcze w innych przypadkach silne zakłócenia i wstrząśnienie może spowodować przesuwanie się zbiorników pary wodnej pod naporem magmy. Trzęsieniom ziemi zawsze towarzyszy huk podziemny podobny do grzmotu, który trwa z większym lub mniejszym natężeniem podczas całego przebiegu trzęsienia; łoskot ten bywa z jednej strony z przyczyny osuwania się warstw podziemnych, z drugiej zaś skutkiem drgań zewnętrznej powłoki. W wielu razach po skończonem trzęsieniu dają się zauważyć zapadnięcia lub wzniesienia gruntu, a także nie wielkie kratery piaskowe, po pewnym czasie znikające. Zdarzało się również widzieć wytrysk nowych źródeł lub znikanie starych, jako wynik nowego ukształtowania warstw skorupy ziemskiej. Do sławniejszych trzęsień ziemi należały trzęsienia w Fokidzie, prowincji Greckiej, w r. 1870, wstrząśnienia rozpoczęły się gwałtownie, burząc wiele miasteczek i wsi; potem nastąpił cały szereg mniejszych trzęsień, które się powtarzały w ciągu lat trzech. Jedno z bardziej groźnych dawniejszych trzęsień miało miejsce w roku 1755 dnia 18 Listopada; zaczęło się ono na dnie oceanu Atlantyckiego i przeszło na półwysep Pirenejski, zamieniając w gruzy całe miasto Lizbonę. Niemniej straszne trzęsienie nawiedziło wyspę Ischię, w pobliżu półwyspu Apenińskiego, w roku 1883; oprócz kilku wsi zburzone zostało całe miasto Casamicciola, przyczem znalazło śmierć 5000 ludzi. Nadzwyczaj częste trzęsienia ziemi bywają w Ameryce w pobliżu Kordyljerów i Andów; najwięcej klęsk od trzęsień doznaje kraj Chili. Oprócz trzęsień lądowych nie rzadkiemi także są trzęsienia dna morskiego, pociągające za sobą gwałtowne wzburzenia powierzchni morza. Jeżeli takie trzęsienie zdarzy się niedaleko od niskich brzegów lądu, wówczas powstałe stąd fale zatapiają ląd na wielkiej przestrzeni i wywołują *potop*. Podczas trzęsienia ziemi w Lizbonie fala miała wysokość 20 metrów, zalewała brzegi i czyniła wszędzie wielkie spustoszenia, ta fala przebiegła wszerz cały ocean Atlantycki. W czasie jednego z trzęsień dna morskiego w pobliżu Peru fala nadbrzeżna miała wysokość 35 metrów. W dawnych epokach trzęsienia dna bywały o wiele groźniejsze niż dzisiaj, zapewne z tej przyczyny, iż objawy

wulkanizmu były więcej natężone. Najdawniejsze kroniki ludzkie opisują potopy, jako klęski zsyłane na ludzkość. W Hindustanie takich potopów zanotowano kilka, wszystkie miały za przyczynę powstanie potężnej prawie stumetrowej fali wraz z cyklonem na oceanie Indyjskim; fale zatopiły doliny Gangesu i Indu. Podania assyryjskie i hebrajskie mówią zgodnie o wielkim potopie w nizinach Eufratu. Nadzwyczajnych rozmiarów fala wytworzyła się w dzisiejszej zatoce perskiej i zatopiła całą nizinę Mezopotamji; obie rzeki, obejmujące dolinę, rozlały szeroko aż do gór Araratu, zalew był wzmocniony przez cyklon z objawami silnej ulewy. Spustoszenie całej Mezopotamji było bezprzykładne, niewiele ludzi na statkach uratowało swe życie.

Zarówno wulkanizm jak i trzęsienia ziemi nie należą do zjawisk zupełnie już poznanych. Przeciwnie, tak jedno jak i drugie zawiera wiele tajemnic. Naprzykład łączność wybuchów jako też i trzęsień ziemi z pewnemi porami roku lub z niskim stanem barometru jest zauważona, nie jednak nie możemy powiedzieć, jaka jest przyczyna takiego związku. Trzęsieniom ziemi towarzyszą zawsze silne spadki barometru, ulewy i burze i tutaj żadnego objaśnienia dać nie możemy. Niektórzy geolodzy nawet widzą większe natężenie wulkanizmu i trzęsień ziemi w czasie okresów zwiększonej działalności słońca, upatrują więc kosmiczne przyczyny w wulkanizmie.

§ 70. **Okresy geologiczne.** Według hypotezy Laplace'a ziemia przechodziła niegdyś przez stan ognisto-płynny i skutkiem wirowania uległa spłaszczeniom pod biegunami. Wirowanie około osi było przyczyną rozwinięcia znacznej siły odśrodkowej pod równikiem i oderwania się części masy ognisto-płynnej, która utworzyła księżyc. Wszystkie te tak proste przypuszczenia objaśniane bywają przy pomocy doświadczenia Plateau, w którem od wirującej kropli oliwy odrywają się małe kropelki w strefie największego działania siły odśrodkowej. Mimo swej prostoty hypoteza Laplace'a spotyka się z poważnymi zarzutami. Widzieliśmy już, że księżyce Marsa oraz wsteczne ruchy księżyców Urana i Neptuna przedstawiły znaczne wątpliwości. Niemniejszą trudność nasuwają niektóre fakty, dotyczące ziemi naszej. Teorja Laplace'a nie objaśnia jakim sposobem mógł oderwać się od bryły ziemskiej tak wielki księżyc, jaki ma ziemia; wszak księżyc ten stanowi 81-ą część masy ziemskiej. Z hypotezą Laplace'a możnaby było pogodzić tylko oderwanie się 10 razy mniejszego księżyca. W rzeczy samej. Mars ma dwa bardzo drobne księżyce, Jowisz, którego masa 309

razy przewyższa ziemię i ruch wirowy jest bardzo szybki, posiada księżyce niezbyt wielkie, gdyż największy z nich tylko 2 razy przewyższa nasz księżyc. Saturn ma księżyce małe. Jedna tylko ziemia stanowi tutaj wyjątek co do wielkości rozmiarów swojego księżyca. Jeszcze większe wątpliwości nasunie nam drugi fakt. Ognisto-płynna bryła, pozbywszy się znacznej części swej masy, która utworzyła księżyc, musiała podlegać tak znacznym przypływom i odpływom, jakie dziś widzimy w wodach oceanów. Z powodu szybkiego stygnięcia ognisto-płynnej masy, nie mogła ona tak łatwo powracać do swego pierwotnego poziomu jak woda, a więc w granicach największego działania księżyca czyli w strefie równikowej powinnoby być bardzo silne odstąpienie od postaci kuli. Ziemia zbliżałaby się więcej do postaci dwuwypukłej soczewki aniżeli do kształtu kuli, lekko spłaszczonej pod biegunami. Gdyby w pasie równikowym było większe zgrubienie, miałoby to duży wpływ na objawy precesji i nutacji. Nakoniec, jeżeli prawdą jest, że ziemia przeszła przez stan płynny, to i dziś jeszcze wewnętrzna zawartość ziemi powinna być płynną, tego jednak faktu pogodzić nie możemy ani z objawami wulkanizmu, ani z wielkością precesji. To wszystko razem skłania nas do zarzucenia teorji Laplace'a i przyjęcia więcej prawdopodobnej hypotezy, że ziemia nigdy nie przechodziła przez stan płynny, lecz tworzyła się powoli, w ciągu niezmiernie długich okresów czasu, z pyłu kosmicznego, który, krążąc około słońca, tak jak i dzisiaj, tworzył pierścienie. Wewnątrz tych pierścieni pył meteoryczny grupował się w bryły większe i mniejsze, jako planety główne i ich księżyce. Takim sposobem księżyce nie odrywały się od planet, lecz powstały samodzielnie z resztek pyłu meteorycznego. Proces takiego tworzenia się ziemi nie ustał ani na chwilę, widzimy go i dzisiaj. Spotykamy na śnieżnych polach i lodowcach polarnych, podobnie jak i na dnie wszystkich oceanów, drobniutki pył kosmiczny, który możemy zebrać i poddać rozbiorowi chemicznemu. Okazuje się, że pył wspomniany jest czystem żelazem meteorycznem. Oprócz pyłu kosmicznego, który opada na całą powierzchnię ziemską, znajdujemy jeszcze aerolity, utworzone z związków krzemu i glinu. Tak aerolity jak i pył żelazny stanowią cały materjał tworzywa ziemi naszej. W epokach dawniejszych materjału takiego spadało więcej, dziś mamy już tylko resztki. Podobny proces powolnego tworzenia trwa ciągle i ukończy się dopiero wraz z śmiercią układu planetarnego. Hypoteza, powyżej wyłożona, przyjęta przez Nordenszylda, Lockyera i Geikego, objaśnia wystarczająco

wszystkie zjawiska, jakie mamy w układzie słonecznym. Tak wsteczny ruch księżyców Urana i Neptuna jak i duża masa ziemskiego księżyca, zarówno jak i wielka ilość planetoidów dają się objaśnić zapomocą teorji meteorycznej. Wiemy, że gęstość całej bryły ziemskiej wypada $5^1/_2$, tymczasem zewnętrzne pokłady mają przeciętną gęstość $2^1/_2$. Dopiero wulkany wyrzucają z wewnątrz lawę, której gęstość równa się 3. Gdy przypomnimy tutaj, że gęstość żelaza = 7,2, a miedzi = 8,8 i następnie weźmiemy liczbę przeciętną pomiędzy temi oraz liczbą $2^1/_2$, wyrażającą gęstość pokładów powierzchniowych, to otrzymamy liczbę zbliżoną do $5^1/_2$. To nam wskazuje, że wewnętrzna zawartość ziemi tworzy się z żelaza z znaczną domieszką miedzi. Obecność żelaza w wnętrzach ziemi bardzo dobrze zgadza się z objawami magnetyzmu. Pierwsze okresy tworzenia się skorupy bryły ziemskiej geolodzy nazywają *archaicznymi*. Te początkowe warstwy powłoki były utworzone z mas krystalicznych, w których nie znajdujemy żadnych śladów organizmów. Były to pokłady gnejsu, łupków krystalicznych wraz z marmurem i kwarcytem.

Następny okres nazywa się *paleozoicznym* i dzieli się na układy podrzędne: 1) układ kambryjski, 2) sylurski, 3) dewoński, 4) węglowy, 5) permski. Należy tutaj zauważyć, że nic byśmy nie wiedzieli o istnieniu tak dawnych układów głębokich, gdyby nie ten fakt, że skutkiem wypiętrzania warstw skalnych skorupa ziemi gdzieniegdzie pęka i odsłania nam swe głęboko położone pokłady. Układ kambryjski jest pierwszym, w którym odnajdujemy najdawniejsze organizmy. Są to *raczki-trylobity (Paradoxides bohemicus)*. Układ sylurski występuje wyraźnie w Czechach, Anglji, Skandynawji, Rossji i Ameryce północnej. W układzie tym spotykają się liczne pierwotniaki, gąbki krzemionkowe, szkarłupnie, gwiazdy i liliowce morskie, a także głowonogi. Układ dewoński daje się spostrzedz w prowincjach nadreńskich i w Ameryce północnej i obfituje w lilie morskie i ammonity. W warstwach czerwonego piaskowca układu dewońskiego spotykamy poraz pierwszy ryby opancerzone. Układ węglowy odsłania nam całe bogactwo życia roślinnego i zwierzęcego. Spotykają się już skrzypy, widłaki, paprocie drzewiaste, a ze zwierząt poraz pierwszy znajdujemy *otwornice (Fusulina cylindrica)*. W układzie permskim, składającym się przeważnie z porfirów, piaskowców i konglomeratów, spotykamy ryby *libiryntodonty*.

Trzecim okresem geologicznym był *okres mezozoiczny*, tworzący się z trzech układów podrzędnych: 1) układ trjasowy,

2) jurajski i 3) kredowy. Układ trjasowy otrzymał swe miano od troistości warstw: piaskowca pstrego, wapienia muszlowego i glinowatego kajpru. Układy trjasowe występują w Polsce, w Karpatach oraz w Europie południowej, na Syberji, w Ameryce pn. i Afryce pd. Jako skamieniałości w tych układach znajdują się małże i ślimaki, amonity i belemnity; z płazów spotykamy liczne gatunki rybojaszczurów i jaszczurów latających. W układzie jurajskim widzimy bardzo liczne skamieniałości; występują obficie gąbki i mięczaki, a także skorupiaki i ryby. Pokłady jurajskie składają się przeważnie z łupków. W układach kredowych znajdują się morskie jeże, małże i ślimaki, i oprócz tego ryby ościste; z roślin występują poraz pierwszy drzewa liściaste.

Czwartym i ostatnim okresem geologicznym jest okres *cenozoiczny*, składający się z poddziałów: 1) układ trzeciorzędowy, 2) czwartorzędowy czyli *dyluwium*, 3) teraźniejszy. Układ trzeciorzędowy zbliża się już do stosunków teraźniejszych i dzieli się jeszcze na cztery działy podrzędne: *eocen*, *oligocen*, *miocen* i *pliocen*. W tym układzie znajdują się już niezmiernie liczne skamieniałości, bardzo zbliżone do gatunków dzisiejszych. Występują bardzo rozmaite odmiany płazów i ukazują się poraz pierwszy ptaki uzębione. W eocenie fauna Europy jest ta sama, jak w krajach gorących, w miocenie zaś i pliocenie klimat europejski stał się znacznie zimniejszym. W układach czwartorzędowych zwierzęta i rośliny są już prawie te same, jakie widzimy dzisiaj, ukazuje się też poraz pierwszy człowiek.

Płock, 20 Sierpnia 1907 r.

UKŁAD SŁONECZNY.

Tab. I.

NAZWA	Odległość względna od słońca	Odległość w kilometrach	Czas obrotu dokoła słońca	Nachylenie drogi do ekliptyki	Mimośród	Średnica planety	Objętość	Masa	Gęstość	Ciężkość na powierzchni	Nachylenie równika względem orbity	Czas obrotu około osi
Słońce	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	109	1284000	324400	0,253	27,6	. . .	$25^d\ 49^g$
Merkury . .	0,3871	58 milion.	87,97 dni	$7^0\ 0'$	0,206	0,37	0,052	0,06	1,17	0,44	. . .	?
Wenus . . .	0,7233	108	224,70	$3^0\ 24'$	0,007	1,00	0,975	0,79	0,81	0,80	. . .	25^g
Ziemia . . .	1,0000	149	365,256	$0^0\ 0'$	0,017	1,00	1,000	1,00	1,00	1,00	$23^0\ 27'$	$23^g\ 56^m$
Mars . . .	1,5237	227	686,98	$1^0\ 51'$	0,933	0,53	0,147	0,10	0,71	0,38	$24^0\ 52'$	$24^g\ 37\frac{1}{2}^m$
główniejsze planetoidy: Cerera . .	2,767	. .	1681 d	$10^0\ 36'$	0,076							
Pallas . .	2,773	. .	1687	$34^0\ 42'$	0,238							
Junona . .	2,668	. .	1592	$13^0\ 0'$	0,258							
Westa .	2,361	. .	1326	$7^0\ 6'$	0,088							
Astrea .	2,579	. .	1512	$5^0\ 18'$	0,186							
. . . .	. . .	. .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .		
Jowisz . . .	5,2028	775	$11^l\ 315^d$	$1^0\ 19'$	0,048	11,0	1279	309,8	0,24	2,26	$3^0\ 4'$	$9^g\ 55\frac{1}{2}^m$
Saturn . . .	9,5389	1421	$29^l\ 167^d$	$2^0\ 30'$	0,056	9,3	719	91,9	0,13	0,89	$26^0\ 49'$	$10^g\ 14\frac{1}{2}^m$
Uran	19,1833	2858	$84^l\ 7^d$	$0^0\ 46'$	0,046	4,2	69	13,5	0,19	0,75	98^0	?
Neptun . . .	30,0551	4478	$164^l\ 280^d$	$1^0\ 47'$	0,009	3,8	55	16,5	0,30	1,14	122^0	?

KSIĘŻYCE UKŁADU SŁONECZNEGO.

Tab. II.

	Odległość, promień planety = 1	Średnica w kilometrach	Masa w stosunku do masy planety = 1	Mimośród	Czas obiegu w dniach
Księżyc Ziemi	60,3	3482	$\frac{1}{81}$	0,055	$27^d\ 7^g\ 43^m$
Marsa.					
1) Fobos	2,77	8,6	. . . .	0,022	$0^d\ 7^g\ 39^m$
2) Deimos . .	6,92	8,4	. . . .	0,003	$1^d\ 6^g\ 18^m$
Jowisza.					
V. najbliższy .	2,55	?	. . . .	0,005	$0^d\ 11^g\ 57\frac{1}{2}^m$
I. Jo	5,93	4070	$\frac{1}{5882}$	. . .	$1^d\ 18^g\ 27\frac{1}{2}^m$
II. Europa . .	9,41	3430	$\frac{1}{4350}$	. . .	$3^d\ 13^g\ 13\frac{1}{2}^m$
III. Ganimed .	15,00	5790	$\frac{1}{1170}$	0,001	$7^d\ 3^g\ 42\frac{1}{2}^m$
IV. Kallisto . .	26,49	4830	$\frac{1}{2350}$	0,007	$16^d\ 16^g\ 32^m$
Saturna.					
Pierścień . .	1,48 do 2,3	. . .	. . . .	. . .	$0^d\ 9^g$
I. Mimas .	3,10	. . .	0,00000007	0,019	$0^d\ 22^g\ 37^m$
II. Enceladus	3,98	. . .	0,00000025	0,005	$1^d\ 8^g\ 53^m$
III. Tetys . .	4,93	. . .	0,00000110	. . .	$1^d\ 21^g\ 18\frac{1}{2}^m$
IV. Diones .	6,31	. . .	0,00000187	0,002	$2^d\ 17^g\ 41^m$
V. Rea . .	8,83	. . .	0,00000400	0,001	$4^d\ 12^g\ 25^m$
VI. Tytan . .	20,45	2260	0,00021277	0,029	$15^d\ 22^g\ 41\frac{1}{2}^m$
VII. Hyperion	25,07	. . .	. . . .	0,129	$21^d\ 6^g\ 39\frac{1}{2}^m$
VIII. Japet . .	59,58	. . .	. . . .	0,028	$79^d\ 7^g\ 54^m$

	Odległość, promień plan. = 1	Mimośród	Czas obiegu w dniach
Urana.			
I. Ariel . .	7,04	0,020	$2^d\ 12^g\ 29^m$
II. Umbriel .	9,91	0,010	$4^d\ 3^g\ 27\frac{1}{2}^m$
III. Tytania .	16,11	0,001	$8^d\ 16^g\ 56\frac{1}{2}^m$
IV. Oberon .	21,54	0,004	$13^d\ 11^g\ 7^m$
Neptuna.			
I. Tryton . .	14,73	0,007	$5^d\ 21^g\ 2\frac{1}{2}^m$

OMYŁKI DRUKU.

str. 7 wiersz 6-ty z dołu, zamiast: „za końcu" powinno być: „na końcu".

str. 24 wiersz 5-ty z dołu, zamiast: „Odległość zenitalna pierwszej..." powinno być: „Odległość zenitalna drugiej...".

str. 24 wiersz 2-gi z dołu, zamiast: „Odległość zenitalna drugiej..." powinno być: „Odległość zenitalna pierwszej...".

str. 27 wiersz 18-ty z góry, zamiast: „pomys." powinno być: „pomysł".

str. 42 wiersz 4-ty z dołu, zamiast: „*de revelutionibus*" powinno być: „*de revolutionibus*".

str. 47 wiersz 12-ty z dołu, zamiast: „Rrzecz" powinno być: „Rzecz".

str. 71 wiersz 6-ty z dołu, zamiast: „okliptyki" powinno być: „ekliptyki".

str. 81 wiersz 9-ty z dołu, zamiast: „zwtotnikowy" powinno być: „zwrotnikowy".

str. 104 wiersz 2-gi z góry, zamiast: „$6^7/_2$" powinno być: „$6^1/_2$".

str. 105 wiersz 1-szy z góry, zamiast: „łukowi *np*" powinno być: „łukowi *nq*".

str. 113 wiersz ostatni, zamiast: „palaksy" powinno być: „paralaksy".

str. 134 wiersz ostatni, zamiast: „wypada w 1907 r." powinno być: „wypada w 1906 r.".

str. 169 wiersz 12-ty z góry, zamiast: „Gly" powinno być: „Gdy".

str. 171 wiersz 16-ty z góry, zamiast: „jest wielka iskra" powinno być: „jest wielką iskrą".

str. 191 wiersz 3-ci z góry, zamiast: „spdając" powinno być: „spadając"

Tab. I, podany jest mimośród Marsa 0,933 powinno być 0.093.

MAPA NIEBA PÓŁNOCNEGO.

